BESTSELLER *NEW YORK TIMES*

BRIAN GREENE

PÂNĂ LA SFÂRȘITUL TIMPULUI

MINTE, MATERIE ȘI CĂUTAREA SEMNIFICAȚIEI
ÎNTR-UN UNIVERS ÎN EVOLUȚIE

HUMANITAS

Brian Greene (născut în 1963 la New York) a studiat la Universitatea Harvard, şi-a susţinut doctoratul la Oxford, iar în prezent e profesor de fizică şi matematică la Universitatea Columbia. Domeniul său de cercetare este teoria corzilor, în care a avut importante contribuţii. A devenit cunoscut publicului larg prin cărţile sale de popularizare a ştiinţei: *The Elegant Universe* (*Universul Elegant*, Humanitas, Bucureşti, 2008), *The Fabric of the Cosmos* şi *The Hidden Reality*. Greene a prezentat două miniserii premiate, realizate de NOVA şi bazate pe cărţile sale. Este cofondator al World Science Festival.

BRIAN GREENE

PÂNĂ LA SFÂRȘITUL TIMPULUI

MINTE, MATERIE ȘI CĂUTAREA SEMNIFICAȚIEI
ÎNTR-UN UNIVERS ÎN EVOLUȚIE

Traducere din engleză
de Walter Fotescu

Pentru Tracy

Prefață

„Mă ocup cu matematica fiindcă, odată ce ai demonstrat o teoremă, ea rămâne valabilă. Pentru totdeauna.“[1] Afirmația, simplă şi directă, m-a surprins. Eram student în anul al doilea când, vorbind cu vechi prieten care ani la rând mă învățase multă matematică, i-am spus că scriam un text despre motivația umană pentru cursul de psihologie pe care îl urmam. Răspunsul lui a fost ca o revelație. Niciodată până atunci nu mă gândisem la matematică în aceşti termeni. Pentru mine, matematica era un minunat joc al preciziei abstracte, jucat de o comunitate aparte care se delecta cu şarade despre rădăcini pătrate sau împărțirea cu zero. Dar remarca lui m-a făcut brusc să înțeleg. *Da*, mi-am zis eu. *Acesta e romantismul matematicii*. Creativitatea constrânsă de logică şi de un set de axiome dictează modul în care ideile pot fi manipulate şi combinate pentru a dezvălui adevăruri imuabile. Orice triunghi dreptunghic desenat încă înainte de Pitagora şi până în veşnicie satisface faimoasa teoremă care-i poartă numele. Fără excepții. Desigur, poți să schimbi premisele şi să porneşti în explorarea unor tărâmuri noi, de pildă triunghiurile desenate pe o suprafață curbă, cum ar fi o minge de baschet, care infirmă concluzia lui Pitagora. Dar fixează premisele, verifică-ți cu grijă calculele, iar rezultatul tău poate fi dăltuit în piatră. Nu-i nevoie să escaladezi un vârf de munte, să străbați deşertul sau să învingi lumea subpământeană. Poți sta confortabil la un birou şi să foloseşti hârtie, creion şi o minte pătrunzătoare

pentru a crea ceva etern.

Perspectiva asta mi-a deschis lumea. Niciodată nu mă întrebasem *de ce* eram atât de profund atras de matematică şi fizică. Să rezolv probleme, să aflu cum e alcătuit universul – iată ce mă captivase dintotdeauna. Am căpătat acum convingerea că disciplinele acestea mă atrăgeau fiindcă ele se ridică deasupra naturii perisabile a cotidianului. Oricât de mult îmi vor fi exagerat angajamentul sensibilitățile mele juvenile, am fost deodată sigur că voiam să particip la călătoria spre nişte descoperiri atât de profunde, încât nu se vor schimba niciodată. Guvernele n-au decât să vină la putere şi să cadă, campionatele de baseball[1] să fie câştigate şi pierdute, legendele filmului, ale televiziunii şi ale scenei să apară şi să dispară. Eu voiam să-mi petrec viața încercând să întrevăd ceva transcendent.

Dar între timp trebuia să scriu acel eseu de psihologie. Tema era să dezvolt o teorie despre motivul pentru care oamenii fac ceea ce fac, dar, de fiecare dată când începeam să scriu, proiectul părea absolut nebulos. Aveam impresia că dacă îmbraci nişte idei rezonabile în limbajul adecvat poți construi teoria din mers. Am menționat lucrul acesta seara în dormitor, iar unul dintre consilierii interni mi-a sugerat să arunc o privire pe cartea lui Oswald Spengler *Declinul Occidentului*. Istoric şi filozof german, Spengler avusese un interes statornic pentru matematică şi ştiință, fără îndoială motivul pentru care mi-a fost recomandată cartea lui.

Aspectele responsabile pentru faima şi desconsiderarea cărții – predicții despre implozia politică, o adeziune voalată la fascism – sunt tulburătoare şi au fost folosite de atunci pentru susținerea unor ideologii insidioase, dar eu eram prea concentrat pe ceea ce căutam ca să observ ceva

din toate astea. În schimb, m-a intrigat viziunea lui Spengler despre un set atotcuprinzător de principii capabile să dezvăluie tipare ascunse care se manifestă în culturi disparate, similare tiparelor articulate de analiza matematică şi geometria euclidiană, care transformaseră modul de înțelegere al fizicii şi matematicii.[2] Spengler vorbea pe limba mea. Era încurajator ca o lucrare de istorie să venereze matematica şi fizica drept un model al progresului. Dar a venit apoi o observație care m-a luat prin surprindere: „Omul este singura ființă care ştie că va muri; toate celelalte îmbătrânesc, dar conştiința lor e limitată exclusiv la clipa prezentă, care trebuie că li se pare eternă“, cunoaştere care insuflă „frica esențialmente umană în prezența morții“. Spengler a conchis că „orice religie, orice cercetare ştiințifică, orice filozofie pornesc de aici“.[3]

Îmi aduc aminte că am zăbovit asupra ultimului rând. Era aici o perspectivă asupra motivației umane care mi s-a părut semnificativă. Poate că fascinația unei demonstrații matematice constă în permanența ei. Poate că o lege a naturii atrage prin calitatea ei atemporală. Dar ce ne îndeamnă să urmărim atemporalul, să căutăm calitățile care pot dura veşnic? Poate că totul provine din conştiința noastră singulară că nu suntem deloc atemporali, că viețile noastre nu sunt deloc veşnice. Rezonând cu noua mea concepție despre matematică, fizică şi seducția eternității, afirmația părea îndreptățită. Era o abordare a motivației umane bazată pe o reacție plauzibilă la un lucru universal recunoscut. Nu era o abordare neîntemeiată.

Continuând să reflectez la această concluzie, ea părea să promită ceva şi mai grandios. Ştiința, după cum remarca Spengler, e un răspuns la cunoaşterea sfârşitului nostru inevitabil. La fel şi religia. La fel

şi filozofia. Dar de ce să ne oprim aici? Potrivit lui Otto Rank, unul dintre primii discipoli ai lui Freud, care a fost fascinat de procesul creației umane, cu siguranță nu ar trebui. Artistul, în viziunea lui Rank, este cineva al cărui „impuls creator […] încearcă să transforme viața efemeră în nemurire personală“.[4] Jean-Paul Sartre a mers şi mai departe, remarcând că viața însăşi se goleşte de sens „atunci când pierzi iluzia de a fi etern“.[5] Prin urmare, sugestia, care-şi croieşte drum prin intermediul acestor gânditori şi a altora care au urmat, este că o mare parte din cultura umană – de la explorarea artistică la descoperirea ştiințifică – e determinată de reflecțiile vieții asupra propriei sale finitudini.

Ape adânci. Cine s-ar fi gândit că preocuparea pentru lucruri care țin de matematică şi fizică va conduce la viziuni asupra unei teorii unificate a civilizației umane determinată de bogata dualitate a vieții şi morții?

Inspir adânc şi îi aduc aminte vechiului meu eu din anul al doilea de facultate să nu se entuziasmeze prea tare. Totuşi, emoția pe care am simțit-o s-a dovedit a nu fi doar un moment efemer de uimire intelectuală. În cele aproape patru decenii care au trecut de atunci, temele acestea, deseori mocnind undeva în culisele minții, m-au însoțit mereu. Deşi munca mea de zi cu zi a urmărit teoriile unificate şi originile cosmice, meditând la semnificația mai largă a progreselor ştiințifice, m-am surprins că revin în mod repetat la întrebările despre timp şi durata limitată care ne e dată fiecăruia. Prin pregătire şi temperament sunt sceptic în privința explicațiilor universale – fizica e plină de eşecuri ale unor teorii de unificare a forțelor naturii –, cu atât mai mult dacă ne aventurăm pe tărâmul complex al comportamentului uman. Am ajuns să cred că faptul

de a fi conştient de sfârşitul meu inevitabil are o influență considerabilă, dar nu oferă o explicație completă pentru tot ceea ce fac. Bănuiesc că este o opinie larg împărtăşită. Există totuşi un domeniu în care tentaculele condiției noaste de muritori sunt deosebit de pregnante.

În toate epocile şi culturile, am atribuit permanenței o valoare semnificativă. Şi am făcut-o în cele mai diverse moduri: unii caută adevărul absolut, alții se străduiesc să lase o moştenire durabilă, unii construiesc monumente formidabile, alții urmează legi imuabile, iar alții se dedică cu fervoare unei versiuni sau alta a veşniciei. Eternitatea, aşa cum o demonstrează aceste preocupări, exercită o atracție puternică asupra minții conştiente că durata sa materială e limitată.

În epoca noastră, oamenii de ştiință, echipați cu instrumentele experimentului, observației şi analizei matematice, au marcat un nou drum spre viitor, care a dezvăluit pentru prima oară trăsăturile proeminente ale încă îndepărtatului peisaj care ne aşteaptă. Deşi ascunsă ici-colo de negură şi ceață, panorama devine destul de clară pentru ca noi, făpturi cugetătoare, să putem întrezări mai bine decât oricând înainte modul cum ne încadrăm în vastitatea timpului.

În acest spirit vom parcurge istoria universului în paginile ce urmează, explorând principiile fizice care generează structuri ordonate, de la stele şi galaxii până la viață şi conştiință, într-un univers sortit descompunerii. Vom analiza argumente care stabilesc că, asemenea ființelor umane, fenomenele biologice şi mentale din univers au o durată de viață limitată. Într-adevăr, de la un anumit punct, probabil că existența materiei organizate de orice tip nu va mai fi posibilă. Vom examina modul în care ființele

autoreflexive fac față tensiunii implicate de aceste revelații. Suntem produsul unor legi care, din câte ştim, sunt atemporale, şi totuşi existența noastră este efemeră. Suntem călăuziți de legi care acționează fără a se preocupa de destinație, şi totuşi ne întrebăm mereu încotro ne îndreptăm. Suntem modelați de legi ce nu par să presupună vreo rațiune mai profundă, şi totuşi căutăm stăruitor o semnificație şi un scop.

Pe scurt, vom examina universul de la începutul timpului şi până la un presupus final, iar în decursul călătoriei vom vedea felul uimitor în care minți neobosite şi inventive au dezvăluit vremelnicia fundamentală a tuturor lucrurilor şi au reacționat la ea.

În această explorare vom fi călăuziți de perspectivele oferite de diverse discipline ştiințifice. Prin analogii şi metafore, voi explica toate ideile necesare fără să recurg la termeni tehnici, presupunând doar cunoştințe de bază. Pentru conceptele deosebit de dificile, ofer scurte rezumate care vă permit să mergeți mai departe fără a pierde firul. În notele finale explic aspectele mai subtile, clarific anumite detalii matematice şi ofer bibliografie şi sugestii pentru lecturi ulterioare.

Subiectul fiind vast, iar numărul de pagini limitat, am ales să evit digresiunile, zăbovind asupra anumitor aspecte pe care le consider esențiale pentru a recunoaşte locul nostru în contextul cosmologic mai larg. Este o călătorie întemeiată pe ştiință, căreia omenirea îi conferă semnificație, şi sursa unei aventuri curajoase şi înălțătoare.

---

1. În original World Series, cea mai importantă competiție de baseball din SUA, disputată în fiecare octombrie, începând din 1903, între câştigătoarele celor

două ligi profesioniste majore – American League şi National League (n. tr.).

1. SEDUCȚIA ETERNITĂȚII

Începuturi, sfârşituri şi dincolo de ele

Mai devreme sau mai târziu, tot ce trăieşte va muri. Timp de peste trei miliarde de ani, pe măsură ce specii simple şi complexe şi-au găsit locul în ierarhia Pământului, coasa morții a aruncat o umbră persistentă asupra înfloririi vieții. Diversitatea a sporit când viața a ieşit din ocean, a păşit pe uscat şi şi-a luat zborul spre cer. Dar, cu timpul, registrul naşterilor şi al morților, având mai multe înscrieri decât numărul stelelor din galaxie, se va echilibra cu o precizie imparțială. Cursul oricărei vieți e imprevizibil, dar soarta ei finală este o concluzie certă.

Şi totuşi, de finalul acesta fatidic, inevitabil ca apusul Soarelui, se pare că numai noi, oamenii, ne dăm seama. Cu mult înainte de apariția noastră, tunetul norilor de furtună, puterea dezlănțuită a vulcanilor, zguduiturile cutremurelor de pământ cu siguranță au pus pe fugă tot ce avea puterea să fugă. Dar goana aceasta e o reacție instinctivă la un pericol iminent. Majoritatea ființelor vii trăiesc în clipa prezentă, frica lor e produsă de percepția nemijlocită. Numai noi putem să reflectăm asupra trecutului îndepărtat, să ne imaginăm viitorul şi să conştientizăm întunericul care ne aşteaptă.

E înfricoşător. Nu e genul de spaimă care te face să tresari sau s-o iei la goană. E mai curând o presimțire care sălăşluieşte tăcută în noi, pe care învățăm s-o reprimăm, s-o acceptăm, s-o tratăm cu uşurință. Dar sub straturile care-l ascund se află

realitatea omniprezentă şi tulburătoare a ceea ce ne aşteaptă, o cunoaştere pe care William James a numit-o „viermele din miezul tuturor surselor noastre obişnuite de bucurie“.[1] A munci şi a ne juca, a aspira şi a lupta, a tânji şi a iubi, toate acestea ne leagă tot mai strâns în urzeala vieților pe care le împărtăşim. Iar ca apoi toate să dispară, pentru a-l parafraza pe Steven Wright[2], e de-ajuns să te înspăimânți pentru a fi pe jumătate mort. Mori de două ori.

Fireşte, de dragul sănătății mintale, cei mai mulți dintre noi evităm obsesia sfârşitului. Umblăm prin lume preocupați de treburi lumeşti. Acceptăm inevitabilul şi ne îndreptăm energia către alte lucruri. Recunoaşterea faptului că timpul nostru e finit ne însoțeşte însă mereu, influențând hotărârile pe care le luăm, provocările pe care le acceptăm, căile pe care le urmăm. După cum spunea antropologul Ernest Becker, suntem supuşi unei tensiuni existențiale constante, atraşi spre cer de o conştiință care se poate avânta la înălțimile unor Shakespeare, Beethoven şi Einstein, dar priponiți de pământ de o formă fizică ce se va descompune în pulbere. „Omul e literalmente scindat în două: el are conştiința splendidei sale unicități prin aceea că se detaşează de natură cu o măreție semeață, dar, cu toate acestea, se întoarce în țărână pentru ca, orb şi mut, să putrezească şi să dispară pentru totdeauna.“[2] Potrivit lui Becker, conştientizarea aceasta ne îndeamnă să negăm capacitatea morții de a ne nimici. Unii îşi potolesc anxietatea existențială prin devotamentul față de familie, o echipă, o mişcare socială, o religie, o națiune – constructe care vor dăinui mai mult decât timpul hărăzit individului pe pământ. Alții lasă în urmă expresii creatoare, artefacte care extind durata prezenței lor în mod

simbolic. „Zburăm spre Frumusețe“, a spus Emerson, „ca spre un refugiu în fața spaimelor naturii finite“.[3] Iar alții caută să învingă moartea prin biruințe sau cuceriri, ca şi cum prestigiul, puterea şi bogăția ar asigura o imunitate inaccesibilă muritorilor de rând.

De-a lungul mileniilor, o consecință a fost fascinația larg răspândită pentru toate lucrurile, reale sau imaginare, care au legătură cu veşnicia. De la profeții despre viața de apoi la învățăturile despre reîncarnare şi la invocarea mandalelor măturate de vânt, am dezvoltat strategii prin care să înfruntăm cunoaşterea nepermanenței noastre şi, deseori cu speranță, uneori cu resemnare, să facem semn eternității. Ce e nou în epoca noastră este remarcabila putere a ştiinței de a spune o poveste rațională nu numai despre trecut, până la big bang, ci şi despre viitor. Eternitatea propriu-zisă va rămâne poate mereu inaccesibilă ecuațiilor noastre, dar analizele au arătat deja că universul pe care îl cunoaştem e vremelnic. De la planete la stele, de la sisteme solare la galaxii, de la găuri negre la nebuloase rotitoare, nimic nu e veşnic. Într-adevăr, din câte ştim, nu doar fiecare viață individuală e finită, ci şi viața însăşi. Planeta Pământ, pe care Carl Sagan a numit-o „un fir de praf suspendat pe o rază de soare“, este o floare efemeră într-un cosmos desăvârşit care va sfârşi sterp. Firele de praf, apropiate sau îndepărtate, dansează în razele de soare doar o clipă.

Şi totuşi, aici, pe Pământ, am marcat clipa noastră cu fapte uimitoare de cunoaştere, creativitate şi ingeniozitate de fiecare dată când o nouă generație a dus mai departe realizările înaintaşilor, încercând să lămurim originea tuturor lucrurilor, căutând coerență în destinul lor şi tânjind după un răspuns la

întrebarea de ce toate acestea contează.

Aceasta e povestea din cartea de față.

Poveşti despre aproape orice

Suntem o specie care se desfată cu poveşti. Observăm realitatea, sesizăm tipare şi le asociem în narațiuni capabile să captiveze, să informeze, să surprindă, să amuze şi să emoționeze. Pluralul – narațiuni – este absolut esențial. În biblioteca gândirii umane nu există un singur volum unificat care să transmită cunoaşterea ultimă. În schimb, am scris numeroase poveşti specializate care sondează diverse domenii ale cercetării şi experienței umane: altfel spus, poveşti care analizează tiparele realității folosind diferite gramatici şi vocabulare. Protonii, neutronii, electronii şi celelalte particule ale naturii sunt esențiale pentru a spune povestea reducționistă, pentru a analiza substanța realității, de la planete la Picasso, în termenii constituenților lor microfizici. Metabolism, replicare, mutație şi adaptare sunt termeni esențiali pentru a spune povestea apariției şi dezvoltării vieții prin analiza funcțiilor biochimice ale unor molecule remarcabile şi a celulelor pe care le guvernează. Neuronii, informația, gândirea şi conştiința sunt esențiale pentru povestea minții – iar odată cu aceasta narațiunile proliferează: de la mit la religie, de la literatură la filozofie, de la artă la muzică, ele vorbesc despre lupta omenirii pentru supraviețuire, voința de a înțelege, imboldul către exprimare şi căutarea semnificației.

Toate acestea sunt poveşti în desfăşurare, elaborate de gânditori proveniți din cele mai diverse discipline. Lucru de înțeles. O saga care se extinde de la cuarci la conştiință este o cronică voluminoasă. Dar diferitele poveşti se întrepătrund. *Don Quijote*

se adresează aspirațiilor eroice ale omenirii, prin intermediul fragilului Alonso Quijano, un personaj creat în imaginația lui Miguel de Cervantes, un ansamblu de oase, țesuturi şi celule trăind, respirând, gândind, percepând şi simțind, care în timpul vieții a întreținut procese organice de transformare a energiei şi excreție a reziduurilor, care la rândul lor s-au bazat pe mişcări atomice şi moleculare perfecționate în miliarde de ani de evoluție, pe o planetă făurită din resturile exploziilor de supernovă împrăştiate într-un domeniu al spațiului apărut în urma big bang-ului. Dar a citi tribulațiile lui Don Quijote înseamnă a dobândi o înțelegere a naturii umane care ar rămâne opacă dacă ar fi inclusă într-o descriere a mişcărilor moleculelor şi atomilor cavalerului rătăcitor, sau transmisă printr-o expunere detaliată a proceselor neuronale care au scăpărat în mintea lui Cervantes în timpul scrierii romanului. Deşi cu siguranță legate între ele, diferitele poveşti, spuse în limbaje diferite şi concentrându-se asupra unor nivele diferite ale realității, oferă perspective extrem de diferite.

Poate că într-o zi vom fi în măsură să trecem de la o poveste la alta fără discontinuități, legând între ele toate produsele minții umane, reale şi fictive, ştiințifice şi imaginare. Poate că într-o zi vom invoca o teorie a ingredientelor specifice pentru a explica viziunea copleşitoare a unui Rodin şi multitudinea de reacții pe care le suscită în privitori *Burghezii din Calais*.[3] Poate că vom înțelege pe deplin cum ceva aparent mundan, o licărire de lumină reflectată de o farfurie ce se-nvârte, poate dospi în mintea puternică a unui Richard Feynman, îndemnându-l să rescrie legile fundamentale ale fizicii. Încă şi mai ambițios, poate că într-o zi vom înțelege atât de complet modul cum funcționează

mintea şi materia, încât totul va fi explicat, de la găurile negre la Beethoven, de la stranietatea cuantică la Walt Whitman. Fără a poseda măcar pe departe acea capacitate, avem totuşi mult de câştigat prin imersiunea în aceste poveşti – ştiințifice, creative, imaginative – înțelegând când şi cum au apărut ele din poveşti mai vechi, desfăşurate la scara timpului cosmic, şi urmărind evoluțiile, controversate sau concludente, care au conferit fiecăreia statutul de explicație proeminentă.[4]

În întreaga colecție de poveşti vom observa în mod clar două forțe care-şi împart rolul personajului principal. În capitolul 2 o vom întâlni pe prima dintre ele: *entropia*. Deşi familiară multora prin asocierea sa cu dezordinea şi cu afirmația deseori citată că dezordinea creşte întotdeauna, entropia are proprietăți subtile care permit sistemelor fizice să evolueze în cele mai diverse moduri, uneori părând chiar să înoate împotriva curentului entropic. Vom vedea exemple importante în acest sens în capitolul 3: în urma big bang-ului, sfidând în aparență tendința spre dezordine, particulele evoluează în structuri organizate precum stele, galaxii şi planete – şi finalmente în configurații materiale însuflețite de curentul vieții. Întrebându-ne cum s-a pus în mişcare acel curent, ajungem la a doua influență universală: *evoluția*.

Deşi este principala forță motrice a transformărilor treptate pe care le suferă sistemele vii, evoluția prin selecție naturală a apărut cu mult înainte ca primele forme de viață să înceapă a concura. În capitolul 4 vom întâlni molecule în conflict cu alte molecule, lupte pentru supraviețuire purtate într-o arenă a materiei neînsuflețite. Runde succesive de darwinism molecular, cum e numită o asemenea bătălie chimică, probabil că au produs

configurații tot mai robuste, iar în cele din urmă prima acumulare de molecule pe care am recunoaşte-o drept viață. Detaliile fac obiectul cercetării ştiințifice de vârf, dar, grație progreselor uimitoare din ultimele două decenii, avem încredere că suntem pe calea cea bună. Într-adevăr, pesemne că forțele duale ale entropiei şi evoluției sunt parteneri potriviți pe drumul spre apariția vieții. Deşi poate părea o asociere ciudată – entropia e acuzată că tinde spre haos, în aparență antiteza evoluției sau a vieții –, analize matematice recente ale entropiei sugerează că viața, sau cel puțin unele însuşiri atribuite vieții, ar putea fi produsul *previzibil* al unei surse de energie de lungă durată, precum Soarele, care revarsă neobosit căldură şi lumină asupra unor ingrediente moleculare concurând pentru resursele limitate disponibile pe o planetă precum Pământul.

Oricât de speculative ar fi în momentul de față unele dintre aceste idei, cert este că, la aproximativ un miliard de ani după alcătuirea sa, Pământul era plin cu forme de viață care se dezvoltau sub presiunea evoluției, astfel încât faza următoare corespunde darwinismului standard. Evenimente întâmplătoare, precum impactul unei raze cosmice sau o eroare moleculară survenită în timpul replicării ADN-ului, produc mutații aleatorii, dintre care unele au impact minim asupra sănătății sau bunăstării organismului, pe când altele îl fac mai apt sau mai puțin apt în competiția pentru supraviețuire. Acele mutații care sporesc aptitudinea e mai probabil să fie transmise descendenților, sensul expresiei „mai apt“ fiind că purtătorul respectivei însuşiri are şanse mai mari să supraviețuiască până la maturitatea reproductivă şi să producă urmaşi apți. Însuşirile care sporesc aptitudinea se

răspândesc astfel mult de la o generație la alta.

După miliarde de ani în care acest proces îndelungat a continuat să se desfăşoare, o succesiune specială de mutații a înzestrat unele forme de viață cu o capacitate cognitivă sporită. Unele dintre ele nu doar că au devenit conştiente, dar au devenit conştiente că sunt conştiente. Altfel spus, unele forme de viață au dobândit conştiință de sine. Asemenea ființe autoreflexive s-au întrebat în mod firesc ce e conştiința şi cum a apărut ea: Cum poate un vârtej de materie lipsită de minte să gândească şi să simtă? Diverşi cercetători, aşa cum vom vedea în capitolul 5, anticipează o explicație mecanicistă. Ei susțin că trebuie să înțelegem creierul – componentele sale, funcțiile sale, conexiunile sale – cu o precizie mult mai mare decât în prezent, dar că, odată ce vom poseda acea cunoaştere, din ea va decurge o explicație a conştiinței. Alții prevăd că ne găsim în fața unei provocări mult mai mari: conştiința, susțin ei, este cea mai dificilă enigmă cu care ne-am confruntat vreodată, şi va necesita perspective radical noi nu doar asupra minții, dar şi asupra naturii realității.

Opiniile converg în evaluarea impactului pe care sofisticarea noastră cognitivă l-a avut asupra repertoriului nostru comportamental. În Pleistocen, pe durata a zeci de mii de generații, strămoşii noştri s-au asociat în grupuri care au subzistat prin vânătoare şi cules. Cu timpul, o dexteritate mentală în creştere le-a asigurat capacități sporite de a planifica, a organiza, a comunica, a transmite cunoştințe, a evalua, a judeca şi a rezolva probleme. Făcând uz de aceste abilități mai mari ale individului, grupurile au exercitat forțe comunitare tot mai influente. Ceea ce ne duce la următorul set de episoade explicative, cele concentrate asupra

evoluțiilor care au făcut din noi ceea ce suntem. În capitolul 6 vom examina felul în care am dobândit limbajul şi obsesia ulterioară a povestitului; capitolul 7 se ocupă de un anumit gen de poveşti, cele care prevestesc şi fac tranziția spre tradițiile religioase; iar în capitolul 8 explorăm căutarea de lungă durată şi larg răspândită a expresiei creatoare.

În căutarea originii acestor evoluții, comune sau sacre, cercetătorii au invocat o gamă largă de explicații. Pentru noi, o lumină călăuzitoare esențială va continua să fie evoluția darwinistă, aplicată de data aceasta comportamentului uman. La urma urmei, creierul este doar o structură biologică ce evoluează prin intermediul presiunilor selecției, şi el este cel care dispune ce să facem şi cum să reacționăm. În ultimele câteva decenii, oamenii de ştiință cognitivişti şi psihologii evoluționişti au dezvoltat această perspectivă, stabilind că, la fel ca o mare parte a biologiei noastre, şi comportamentul nostru a fost modelat de forțele selecției darwiniste. Şi astfel, în călătoria noastră prin cultura umană, ne vom întreba adesea dacă cutare sau cutare comportament a putut spori şansele de supraviețuire şi reproducere în rândurile celor care l-au practicat cu mult timp în urmă, favorizându-i răspândirea în generațiile descendenților. Spre deosebire însă de degetul mare opozabil sau de mersul în poziție verticală – trăsături fiziologice moştenite strâns legate de comportamente adaptative specifice –, multe caracteristici moştenite ale creierului modelează predilecții mai degrabă decât acțiuni finale. Suntem influențați de aceste predispoziții, dar activitatea umană e rezultatul combinării tendințelor comportamentale cu mințile noastre complexe, deliberative şi autoreflexive.

În felul acesta, o a doua lumină călăuzitoare,

distinctă, dar nu mai puțin importantă, va fi proiectată asupra vieții interioare care însoțeşte capacitățile noastre cognitive sofisticate. Urmând un traseu marcat de mulți gânditori, vom ajunge la o perspectivă revelatoare: cunoaşterea umană ne-a pus la dispoziție o forță puternică, una care, cu trecerea timpului, a făcut din noi specia dominantă în lume. Dar aceleaşi facultăți mentale care ne permit să formăm, să modelăm şi să inovăm risipesc miopia care altminteri ne-ar menține concentrați exclusiv asupra prezentului. Abilitatea de a manipula cu chibzuință mediul oferă capacitatea de a ne schimba perspectiva, de a transcende temporalitatea, pentru a contempla ceea ce a fost şi a imagina ceea ce va fi. Oricât ne-am dori să fie altfel, a ajunge la „gândesc, deci exist“ atrage inevitabil replica „exist, deci voi muri“.

Să înțelegi acest lucru e cel puțin deconcertant, dar cei mai mulți dintre noi îl acceptă. Iar supraviețuirea noastră ca specie atestă că şi semenii noştri au fost în stare să-l accepte. Dar cum reuşim?[5] Potrivit unei direcții de gândire, spunem iar şi iar poveşti în care locul nostru într-un univers vast migrează spre scena centrală, iar posibilitatea nimicirii noastre permanente e combătută sau ignorată – ori, simplu spus, nu e luată în calcul. Făurim opere de artă în pictură, sculptură, mişcare şi muzică, în care preluăm controlul creației şi ne investim cu puterea de a triumfa asupra tuturor lucrurilor finite. Concepem eroi, de la Hercule la Sir Gawain şi la Hermione[4], care desfid moartea cu o voință de fier şi demonstrează, chiar dacă la modul fantezist, că o putem învinge. Dezvoltăm ştiința, care ne oferă cunoştințe despre mecanismele realității, pe care le transformăm în puteri rezervate de generațiile anterioare doar zeilor. Pe scurt, ne

putem bucura de capacitatea cognitivă – subtilitatea gândirii –, deşi ea ne dezvăluie, între multe altele, dilema noastră existențială. Grație capacităților noastre creatoare ne-am dezvoltat defensive formidabile împotriva a ceea ce altminteri ar fi fost o angoasă debilitantă.

În orice caz, dat fiind că motivele nu se fosilizează, identificarea originilor comportamentului uman poate fi o sarcină dificilă. Poate că incursiunile noastre creatoare, de la cerbii din peştera Lascaux la ecuațiile relativității generale, sunt rezultatul capacității creierului, obținută prin selecție naturală, dar extrem de activă, de a detecta şi a organiza în mod coerent tipare. Poate că preocupările acestea şi altele similare sunt subprodusele, minunate, dar inutile pentru adaptare, ale unui creier suficient de mare, eliberat de grija permanentă pentru asigurarea adăpostului şi subzistenței. După cum vom vedea, teoriile abundă, dar concluziile incontestabile sunt vagi. Neîndoielnic este faptul că imaginăm, creăm şi percepem opere, de la piramide la *Simfonia a IX-a* şi la mecanica cuantică, monumente ale ingeniozității umane a căror durabilitate, dacă nu şi conținut, vizează permanența.

Iar astfel, după ce vom fi examinat originile cosmice, după ce vom fi explorat formarea atomilor, stelelor şi planetelor şi după ce vom fi parcurs apariția vieții, a conştiinței şi a culturii, ne vom îndrepta privirile spre tărâmul care timp de milenii, la propriu şi la figurat, a stimulat şi totodată a domolit anxietatea noastră cosmică. Vom privi, altfel spus, de aici până în eternitate.

Informație, conştiință şi eternitate

Eternitatea va fi un timp foarte lung. O mulțime de lucruri se vor întâmpla pe parcurs. Futurişti cu sufletul la gură şi filme SF spectaculoase îşi imaginează cum vor fi viața şi civilizația după intervale de timp care, deşi semnificative potrivit standardelor umane, pălesc în comparație cu duratele cosmice. A extrapola de la o scurtă perioadă de inovație tehnologică exponențială la evoluții viitoare e o ocupație distractivă, dar probabil că asemenea predicții diferă profund de modul cum vor decurge lucrurile în realitate. Iar aceasta pe durate relativ familiare de decenii, secole şi milenii. La scara timpului cosmic, a prezice genul acesta de amănunte este o tentativă zadarnică. Din fericire, pentru majoritatea lucrurilor pe care le vom explora aici, ne vom găsi pe un teren mai ferm. Intenția mea e să zugrăvesc viitorul universului în culori bogate, dar numai în liniile cele mai generale. Iar la acest nivel al detaliilor, putem reprezenta posibilitățile cu un grad de încredere rezonabil.

Este esențial să recunoaştem că a lăsa o amprentă asupra unui viitor când nu va mai exista nimeni care s-o observe oferă prea puțină consolare emoțională. Viitorul pe care tindem să ni-l imaginăm, fie şi numai implicit, e populat cu genul de lucruri de care ne pasă. Cu siguranță că evoluția va face ca viața şi mintea să adopte o bogăție de forme susținute de o gamă largă de platforme – biologice, numerice, hibride şi cine mai ştie ce altceva. Dar, indiferent de detaliile imprevizibile ale compoziției fizice sau ale cadrului ambiental, cei mai mulți dintre noi ne imaginăm că în viitorul extrem de îndepărtat un tip oarecare de viață, şi în mod special viața inteligentă, va exista şi va gândi.

Iar astfel ajungem la o întrebare care ne va însoți în tot cursul călătoriei: Gândirea conştientă poate

dăinui nedefinit? Sau poate că mintea gânditoare, la fel ca tigrul tasmanian[5] sau ciocănitoarea cu cioc de fildeş[6], este ceva sublim care prosperă pentru un timp, dar apoi dispare? Nu mă refer la o conştiință individuală, prin urmare întrebarea nu are nimic de-a face cu nişte tehnologii râvnite – criogenice, digitale sau de alt fel – capabile să păstreze o minte anume. În schimb, mă întreb dacă fenomenul gândirii, susținut de un creier omenesc, de un computer inteligent, de particule corelate cuantic plutind în spațiul vid, sau de orice alt proces fizic care se dovedeşte relevant, poate dăinui arbitrar de mult timp în viitor.

De ce n-ar putea? Ei bine, să ne gândim la întruparea umană a gândirii. Ea apare în legătură cu un set întâmplător de condiții de mediu care explică de ce, de exemplu, gândirea noastră are loc aici, şi nu pe planeta Mercur sau pe cometa Halley. Gândim aici, fiindcă aici condițiile sunt favorabile vieții şi gândirii, de aceea schimbările nocive ale climei Pământului sunt atât de îngrijorătoare. Nu este însă deloc evident că există o versiune cosmică a unor astfel de preocupări importante, dar particulare. Concepând gândirea ca pe un proces fizic (presupunere pe care o vom examina), nu e surprinzător că ea poate avea loc doar atunci când sunt întrunite anumite condiții de mediu stringente, pe Pământ acum, sau altundeva în spațiu şi timp. Prin urmare, examinând evoluția în linii mari a universului, vom determina dacă condițiile de mediu variabile în timp şi spațiu pot susține indefinit viața inteligentă.

Evaluarea va fi călăuzită de cunoştințe din domeniile particulelor elementare, astrofizicii şi cosmologiei, care ne permit să prezicem cum va evolua universul pe durate incomparabil mai lungi

decât cea scursă de la big bang. Există, desigur, incertitudini semnificative, şi asemenea majorității oamenilor de știință accept posibilitatea că natura ne va pedepsi orgoliul dezvăluind surprize deocamdată insondabile. Dar bizuindu-ne pe ceea ce am măsurat, am observat şi am calculat, ce vom afla, aşa cum e expus în capitolele 9 şi 10, nu este încurajator. Planetele şi stelele, sistemele solare şi galaxiile, chiar şi găurile negre, sunt vremelnice. Sfârşitul fiecăreia e determinat de propria sa combinație distinctă de procese fizice, implicând de la mecanica cuantică la relativitatea generală, pentru ca în cele din urmă să rămână doar o ceață de particule în derivă într-un cosmos rece şi tăcut.

Ce se va întâmpla cu gândirea conştientă într-un univers care suferă o asemenea transformare? Limbajul pentru a pune şi a răspunde la această întrebare îl oferă din nou entropia. Şi urmând pista entropică vom întâlni posibilitatea ca însuşi actul gândirii, săvârşit de orice tip de entitate oriunde, să fie zădărnicit de o inevitabilă acumulare de deşeuri ambientale: în viitorul îndepărtat, orice entitate care gândeşte ar putea fi mistuită de căldura generată de propriile-i gânduri. Gândirea însăşi ar putea să devină o imposibilitate fizică.

Deşi argumentul împotriva gândirii fără sfârşit se va baza pe un set de ipoteze realiste, vom lua în considerare şi alternative, posibile scenarii de viitor mai favorabile vieții şi gândirii. Dar interpretarea cea mai directă sugerează că viața, şi în particular viața inteligentă, este efemeră. Intervalul de timp din istoria cosmică în care condițiile permit existența unor ființe autoreflexive ar putea fi extrem de îngust. Aruncând doar o privire de ansamblu superficială, s-ar putea să nici nu observăm viața. Descrierea lui Nabokov a vieții omeneşti ca o

„scurtă scăpărare de lumină între două eternități de întuneric“[6] se poate aplica însuşi fenomenului vieții.

Ne deplângem vremelnicia şi ne consolăm cu o transcendență simbolică, moştenirea participării noastre la călătorie. Noi nu vom mai fi aici, dar vor fi alții, iar ce facem, ce creăm, ce lăsăm în urmă contribuie la ce va fi şi la cum va trăi viața viitoare. Dar într-un univers care va ajunge lipsit de viață şi conştiință, chiar şi o moştenire simbolică – o şoaptă adresată urmaşilor noştri îndepărtați – va dispărea în vid.

Iar atunci, unde ne duc toate acestea?

Reflecții asupra viitorului

Tindem să asimilăm descoperirile privind universul la nivel intelectual. Aflăm un fapt nou despre timp, teoriile unificate sau găurile negre. El stimulează pe moment mintea, iar dacă ne impresionează îndeajuns, se imprimă. Natura abstractă a ştiinței ne determină adesea să stăruim asupra conținutului ei pe cale cognitivă, iar abia apoi, şi numai rareori, acea comprehensiune are şansa să ne impresioneze visceral. Dar, în acele ocazii când ştiința invocă deopotrivă rațiunea şi emoția, rezultatul poate fi redutabil.

Un exemplu concret: cu câțiva ani în urmă, când am început să mă gândesc la predicțiile ştiințifice despre viitorul îndepărtat al universului, trăirea mea era preponderent cerebrală. Am asimilat materialul relevant ca pe o colecție fascinantă, dar abstractă, de cunoştințe derivate din matematica legilor naturii. Am constatat însă că, dacă mă străduiam să-mi imaginez *realmente* toată viața, toată gândirea, toate strădaniile şi realizările ca pe o aberație efemeră într-o istorie cosmică altminteri lipsită de viață, îl

asimilam altfel. Îl puteam simți. Îl puteam percepe. Şi nu mă sfiesc să recunosc că în primele dăți când am ajuns acolo, călătoria a fost întunecată. În decenii de studiu şi cercetare ştiințifică am avut adesea momente de jubilare şi fascinație, dar niciodată până atunci nişte rezultate din matematică şi fizică nu mă copleşiseră cu o spaimă fără nume.

Cu timpul, participarea mea afectivă a devenit mai subtilă. Acum, cel mai adesea, contemplarea viitorului îndepărtat îmi dă o senzație de calm şi conexiune, ca şi cum propria mea identitate ar conta prea puțin, fiindcă a fost subsumată de ceva ce pot descrie doar ca un sentiment de recunoştință pentru darul experienței. Cum, foarte probabil, cititorul nu mă cunoaşte personal, fie-mi îngăduit să pun aceasta în context. Am mintea deschisă şi o sensibilitate care pretinde rigoare. Vin dintr-o lume în care afirmațiile trebuie susținute cu ecuații şi date repetabile, o lume în care valabilitatea e determinată de calcule neambigue, care furnizează predicții în acord cu experimentele cifră cu cifră, uneori până la a douăsprezecea zecimală. De aceea, prima oară când am avut asemenea momente de conexiune calmă – s-a întâmplat să mă aflu la un Starbucks în New York City – am fost profund suspicios. Poate că ceaiul meu Earl Grey fusese stricat cu lapte de soia alterat. Sau poate că-mi pierdeam mințile.

Reflectând, am eliminat ambele posibilități. Suntem produsul unei lungi genealogii care şi-a alinat disconfortul existențial imaginându-şi că lăsăm o urmă. Şi cu cât urma e mai durabilă, cu cât amprenta ei este mai greu de şters, cu atât o viață pare să fi fost mai importantă. După cum spunea filozoful Robert Nozick – dar putea la fel de bine s-o spună şi George Bailey –, „Moartea te nimiceşte […] A fi complet nimicit, cu urme cu tot, contribuie

mult la distrugerea sensului vieții.“[7] Mai ales pentru cei care, la fel ca mine, nu au o orientare religioasă tradițională, un accent pe a nu fi „nimicit“, o preocupare permanentă pentru dăinuire, poate cuprinde totul. Educația mea, formația, cariera, experiențele, toate au suferit această influență. Am parcurs fiecare etapă cu un ochi ațintit spre viitor, căutând să înfăptuiesc ceva care să dureze. Nu-i de mirare că preocupările mele profesionale au fost dominate de analize matematice ale spațiului, timpului şi legilor naturii; e greu de imaginat o altă disciplină care să mențină mai lesne gândurile zilnice concentrate asupra unor întrebări care transcend clipa prezentă. Dar descoperirea științifică însăşi pune perspectiva aceasta într-o lumină diferită. Viața şi gândirea probabil că ocupă doar o oază minusculă din istoria cosmică. Deşi guvernat de legi matematice elegante care permit tot felul de procese fizice prodigioase, universul va găzdui viața şi mintea doar vremelnic. Dacă acceptăm lucrul acesta fără rezerve, imaginând un viitor lipsit de stele, planete şi entități care gândesc, respectul pentru epoca noastră poate spori până la venerație.

Iar *acesta* e sentimentul pe care l-am încercat la Starbucks. Calmul şi conexiunea au marcat trecerea de la aspirația către un viitor evanescent la sentimentul locuirii într-un prezent grandios, chiar dacă vremelnic. A fost, pentru mine, o schimbare indusă de un echivalent cosmologic al îndrumărilor oferite de-a lungul timpului de poeți şi filozofi, scriitori şi artişti, maeştri spirituali şi dascăli iluminați, între nenumărați alții care ne spun adevărul simplu, dar surprinzător de subtil, că viața este aici şi acum. Este un cadru mental greu de menținut, dar care a inspirat gândirea multora. Îl vedem la Emily Dickinson în „Veşnicia e alcătuită

din momente Acum“[8], şi la Thoreau în „eternitatea în fiecare moment“.[9] Este o perspectivă, am constatat, care devine încă şi mai palpabilă când ne cufundăm în deplina vastitate a timpului – de la început până la sfârşit –, un fundal cosmologic care ne permite să percepem cu inegalabilă claritate că acest „aici şi acum“ e unic şi efemer.

Scopul cărții de față este să ofere acea claritate. Vom călători prin timp, de la cea mai subtilă cunoaştere a începutului de care dispunem, şi până cât de aproape de sfârşitul ultim ne poate duce ştiința. Vom explora felul în care viața şi mintea apar din haosul inițial şi ne vom ocupa pe larg de ceea ce face un grup de minți curioase, pasionate, neliniştite, inventive, sceptice şi autoreflexive, mai cu seamă când devin conştiente de faptul că sunt muritoare. Vom examina originile religiei, imboldul către exprimarea creatoare, ascensiunea ştiinței, căutarea adevărului şi aspirația către etern. Afinitatea adânc înrădăcinată pentru ceva permanent, pentru ceea ce Franz Kafka numea nevoia noastră de „ceva indestructibil“[10], va impulsiona apoi marşul nostru neîntrerupt spre viitorul îndepărtat, permițându-ne să evaluăm perspectivele pentru tot ceea ce prețuim, pentru tot ceea ce constituie realitatea aşa cum o cunoaştem, de la planete şi stele, galaxii şi găuri negre la viață şi minte.

Peste toate va străluci spiritul uman al descoperirii. Suntem exploratori ambițioşi care încearcă să înțeleagă o realitate vastă. Secole de efort au luminat teritorii obscure ale materiei, minții şi cosmosului. În mileniile următoare, sferele iluminării vor deveni mai mari şi mai strălucitoare. Călătoria de până acum a evidențiat deja că realitatea e guvernată de legi matematice indiferente

la coduri de conduită, standarde de frumusețe, nevoi de tovărăşie, năzuințe de cunoaştere şi căutări ale scopului. Şi totuşi, prin limbaj şi poveste, artă şi mit, religie şi ştiință am luat în stăpânire mica noastră porțiune din cosmosul impasibil, implacabil, care se extinde în mod mecanic, pentru a da glas omniprezentei noastre nevoi de coerență, valoare şi semnificație. Este o contribuție admirabilă, dar temporară. Aşa cum va reieşi limpede din călătoria noastră prin timp, probabil că viața e trecătoare, iar întreaga cunoaştere produsă datorită apariției sale se va dizolva în mod aproape sigur odată cu sfârşitul ei. Nimic nu este permanent. Nimic nu este absolut. Şi astfel, în căutarea valorii şi a scopului, singurele intuiții relevante, singurele răspunsuri semnificative sunt cele pe care noi înşine le creăm. Până la urmă, în timpul scurtei noastre existențe sub soare, ni se încredințează nobila sarcină de a găsi propria noastră semnificație.

Să pornim la drum.

---

2. Steven Alexander Wright (n. 1955) este un popular comedian, actor, scriitor şi cineast american (n. tr.).

3. În 1347, şase burghezi din oraşul francez Calais s-au predat ostatici regelui Angliei Eduard III (1327–1377) pentru a-l convinge să ridice asediul oraşului devastat de foamete. Regele ar fi vrut să-i execute, dar i-a cruțat la intervenția soției sale, Philippa de Hainaut (c.1314–1369). Monumentul dedicat lor, creat de Auguste Rodin (1840–1917), a fost inaugurat în 1895 (n. tr.).

4. Personaj din piesa lui William Shakespeare *Poveste de iarnă* (n. tr.).

5. Sau lupul marsupial, *Thylacinus cynocephalus*, cel mai mare marsupial carnivor din perioada recentă; ultimul exemplar a murit în captivitate în 1936 (n. tr.).

6. *Campephilus principalis*, specie de ciocănitoare din familia *Picidae*, despre care se crezuse că a dispărut în

urma despăduririlor masive, dar a fost văzută din nou în sudul Statelor Unite în anii 1990 (n. tr.).

2. LIMBAJUL TIMPULUI

Trecut, viitor şi schimbare

În seara zilei de 28 ianuarie 1948, între interpretarea Cvartetului în la minor al lui Schubert şi prezentarea unor cântece folclorice engleze, postul de radio BBC a transmis o dezbatere între Bertrand Russell, una dintre cele mai mari forțe intelectuale ale secolului XX, şi preotul iezuit Frederick Copleston.[1] Tema? Existența lui Dumnezeu. Russell, ale cărui contribuții inovatoare în domeniile filozofiei şi principiilor umanitare îi vor aduce Premiul Nobel pentru Literatură pe anul 1950, şi ale cărui opinii politice şi sociale iconoclaste îi vor aduce concedierea atât de la Universitatea Cambridge, cât şi de la City College din New York, a oferit numeroase argumente pentru a pune la îndoială, dacă nu a respinge, existența unui creator.

Una dintre direcțiile de gândire care au inspirat poziția lui Russell este relevantă pentru explorarea noastră. „Potrivit dovezilor ştiințifice“, observa Russell, „universul s-a târât în etape lente până la un rezultat oarecum deplorabil pe pământul acesta, şi urmează a se târî în etape încă şi mai deplorabile până la condiția morții universale“. Cu o astfel de perspectivă deprimantă, Russell conchidea: „Dacă aceasta trebuie considerată dovada unui scop, pot spune doar că pe mine scopul acesta nu mă atrage. Prin urmare, nu văd nici un motiv să cred în vreun Dumnezeu.“[2] Argumentația teologică o vom urmări în capitole ulterioare, aici vreau să mă concentrez asupra referirii lui Russell la dovezile ştiințifice

despre o „moarte universală“. Ea are la origine o descoperire din secolul XIX, cu rădăcini pe atât de umile pe cât îi sunt de profunde concluziile.

La mijlocul secolului XIX, Revoluția Industrială era în plin avânt, iar într-un peisaj de fabrici şi uzine motorul cu aburi devenise forța motrice a producției. Dar, în pofida saltului esențial de la munca manuală la cea mecanică, randamentul motorului cu aburi – lucrul mecanic util efectuat raportat la cantitatea de combustibil consumată – era slab. Aproximativ 95% din căldura produsă prin arderea lemnului sau cărbunelui se irosea în mediul înconjurător. Aceasta i-a îndemnat pe câțiva oameni de ştiință să analizeze în profunzime principiile fizice care guvernează motoarele cu aburi, în căutarea unor modalități prin care să ardă mai puțin şi să obțină mai mult. În decursul a multe decenii, cercetările lor au condus treptat la un rezultat clasic, devenit pe bună dreptate celebru: *legea a doua a termodinamicii*.

În termeni (foarte) simpli, legea afirmă că irosirea este inevitabilă. Iar ceea ce face ca ea să aibă o importanță vitală este că, deşi motoarele cu aburi au fost catalizatorul, aplicabilitatea sa e universală. Legea a doua descrie o caracteristică fundamentală inerentă oricărui tip de materie şi energie, indiferent de structură şi formă, indiferent dacă e însuflețită sau nu. Legea dezvăluie (din nou, la modul foarte general) că totul în univers are o tendință copleşitoare să decadă, să se degradeze, să se ofilească.

Formulat în termenii aceştia uzuali, este evident la ce se referea Russell. Viitorul pare să promită doar o deteriorare continuă, o conversie implacabilă a energiei productive în căldură inutilizabilă, o epuizare treptată, aşa-zicând, a bateriilor care alimentează realitatea. Dar o cunoaştere mai precisă

a ştiinței arată că perspectiva aceasta sumară asupra direcției în care se îndreaptă realitatea ascunde un progres bogat şi nuanțat, care se desfăşoară începând de la big bang şi va continua până în viitorul îndepărtat. Este un progres care ne ajută să explicăm locul nostru în istoria cosmică, lămureşte felul în care frumusețea şi ordinea pot fi produse pe un fundal de degradare şi descompunere, şi oferă de asemenea modalități potențiale, chiar dacă aparent exotice, pentru a evita finalul sumbru preconizat de Russell. Dat fiind că ştiința aceasta, implicând concepte precum entropia, informația şi energia, ne va călăuzi o mare parte a călătoriei, merită să consacrăm puțin timp înțelegerii sale mai aprofundate.

Motoare cu aburi

Departe de mine gândul să sugerez că vom găsi semnificația vieții ascunsă în măruntaiele asudate ale unui zgomotos motor cu aburi. Dar pentru a înțelege felul cum energia – de orice tip şi în orice context – evoluează în timp, se dovedeşte că e indispensabil să înțelegem capacitatea motorului cu aburi de a absorbi căldura rezultată din arderea combustibilului şi a o folosi pentru acționarea mişcării periodice a roților unei locomotive sau a pompei dintr-o mină de cărbuni. Iar felul în care evoluează energia are un impact profund asupra viitorului materiei, minții şi tuturor structurilor din univers. Să coborâm aşadar din tărâmurile elevate ale vieții, morții, scopului şi semnificației către pufăitul şi zăngănitul neîncetat al unui motor cu aburi din secolul XVIII.

Baza ştiințifică a motorului cu aburi e simplă, dar ingenioasă: vaporii de apă – aburul – se dilată când

sunt încălziți, şi astfel împing spre exterior. Un motor cu aburi, utilizează acțiunea aceasta încălzind un cilindru plin cu aburi, prin care poate să alunece liber în sus şi în jos un piston perfect ajustat la suprafața interioară a cilindrului. Pe măsură ce aburul încălzit se dilată, el împinge cu putere pistonul, iar forța aceasta îndreptată spre exterior poate face ca o roată să se învârtească, o moară să macine sau un război de țesut să țească. Pe urmă, după ce şi-a cheltuit energia prin acest efort, aburul se răceşte, iar pistonul alunecă înapoi în poziția sa inițială, unde stă pregătit să fie împins atunci când aburul e încălzit din nou – un ciclu care se va repeta atâta timp cât există combustibil de ars pentru a reîncălzi aburul.[3]

Istoria consemnează rolul central al motorului cu aburi în Revoluția Industrială, dar întrebările pe care le-a pus ştiinței fundamentale au fost la fel de semnificative. Putem înțelege motorul cu aburi cu precizie matematică? Există o limită pentru cât de eficient poate el transforma căldura în activitate utilă? Există aspecte ale proceselor de bază ale unui motor cu aburi care sunt independente de detaliile proiectului mecanic sau de materialele folosite, şi în felul acesta se referă la principii fizice universale?

Reflectând asupra acestor probleme, fizicianul şi inginerul militar francez Sadi Carnot a inițiat domeniul termodinamicii – ştiința despre căldură, energie şi lucru mecanic. Nu s-ar fi zis, având în vedere vânzările tratatului său din 1824 *Reflecții despre forța motrice a focului*.[4] Dar, deşi s-au impus lent, ideile sale vor inspira oamenii de ştiință din următorul secol să dezvolte o perspectivă complet nouă asupra fizicii.

O perspectivă statistică

Perspectiva ştiinţifică tradiţională, exprimată în formă matematică de Isaac Newton, este că legile fizicii oferă predicţii riguroase despre felul în care se mişcă lucrurile. Precizează poziţia şi viteza unui obiect la un moment dat, precizează ce forţe acţionează asupra lui, iar ecuaţiile lui Newton vor face restul, prezicând traiectoria ulterioară a obiectului. Fie că este vorba de Luna atrasă de câmpul gravitaţional al Pământului sau de o minge de baseball tocmai lansată spre centrul terenului, observaţiile au confirmat că aceste predicţii sunt absolut exacte.

Există însă o problemă. Cei care au urmat un curs universitar de fizică îşi vor aminti poate că atunci când analizăm traiectoriile obiectelor macroscopice recurgem în general, chiar dacă tacit, la numeroase simplificări. În cazul Lunii şi al mingii de baseball, ignorăm structura lor internă şi ne imaginăm că fiecare e doar o unică particulă masivă. Este o aproximaţie grosieră. Chiar şi un grăunte de sare conţine aproximativ un miliard de miliarde de molecule, şi e doar un grăunte de sare. Ce-i drept, în timp ce Luna îşi parcurge orbita, în general nu ne pasă de mişcarea haotică a unei molecule oarecare din prăfuita Mare a Liniştii. În zborul mingii de baseball, nu ne pasă de vibraţia unei molecule oarecare din miezul ei de plută. Tot ce ne interesează este mişcarea de ansamblu a Lunii sau a mingii. Iar în acest scop e suficient să aplicăm legile lui Newton acestor modele simplificate.[5]

Aceste succese pun în evidenţă dificultatea cu care s-au confruntat fizicienii din secolul XIX preocupaţi de motoarele cu aburi. Aburul fierbinte care împinge pistonul motorului e alcătuit dintr-un număr enorm de molecule de apă, poate un bilion de bilioane [10^{24}] de particule. Nu putem ignora această

structură internă aşa cum facem în analiza mişcării Lunii sau a mingii de baseball. Mişcarea acestor particule – care izbesc pistonul, ricoşează de suprafața lui, lovesc pereții cilindrului, apoi se îndreaptă din nou asupra pistonului – este cea care asigură funcționarea motorului. Problema este că nimeni, nicăieri, indiferent cât de inteligent ar fi şi ce calculatoare formidabile ar utiliza, nu poate calcula toate traiectoriile individuale urmate de un asemenea ansamblu enorm de molecule de apă.

Ne-am împotmolit?

Aşa s-ar părea. Dar o schimbare de perspectivă se dovedeşte salvatoare. Ansamblurile numeroase oferă uneori propriile simplificări eficiente. E cu siguranță dificil, de fapt imposibil, să prezici exact când vei strănuta. Totuşi, dacă ne extindem perspectiva la ansamblul mai mare al tuturor oamenilor de pe Pământ, *putem* prezice că în secunda următoare în întreaga lume vor fi circa optzeci de mii de strănuturi.[6] Esențial este că, prin adoptarea unei perspective statistice, populația numeroasă a Pământului devine cheia – iar nu obstacolul în calea – puterii predictive. Grupurile mari prezintă adesea regularități statistice absente la nivelul individului.

O abordare analoagă pentru grupurile mari de atomi şi molecule a fost inițiată de James Clerk Maxwell, Rudolf Clausius, Ludwig Boltzmann şi mulți dintre colegii lor. Ei au pledat pentru abandonarea examinării detaliate a traiectoriilor individuale în favoarea unor afirmații statistice care descriu comportamentul mediu al ansamblurilor numeroase de particule. Ei au demonstrat că abordarea aceasta nu doar că face posibile calculele matematice, dar proprietățile fizice astfel cuantificate sunt şi cele mai importante. Presiunea care împinge pistonul unui motor cu aburi, de

exemplu, e prea puțin afectată de traiectoria exactă urmată de una sau alta dintre moleculele individuale de apă. În schimb, presiunea rezultă din mişcarea medie a bilioanelor şi bilioanelor de molecule care-i ciocnesc suprafața în fiecare secundă. *Asta* contează cu adevărat. Iar abordarea statistică *asta* le-a permis oamenilor de ştiință să calculeze.

În actuala epocă a sondajelor politice, a geneticii populațiilor şi a datelor masive în general, trecerea la un cadru statistic poate să nu pară radicală. Ne-am obişnuit cu puterea cunoştințelor statistice extrase din studiul grupurilor mari. Dar, în secolul XIX şi la începutul secolului XX, raționamentul statistic a reprezentat o abatere de la precizia rigidă care ajunsese să definească fizica. Trebuie avut de asemenea în vedere că, până în primii ani ai secolului XX, au existat oameni de ştiință foarte respectați care negau existența atomilor şi moleculelor – însăşi baza abordării statistice.

În pofida contestatarilor, nu a durat mult până când raționamentul statistic să-şi dovedească valoarea. În 1905, Einstein însuşi a explicat cantitativ agitația grăuncioarelor de polen suspendate într-un pahar cu apă invocând bombardamentul continuu cu molecule de H_2O. După succesul acesta, trebuia să fii un opozant înrăit pentru a te mai îndoi de existența moleculelor. Tot mai multe articole teoretice şi experimentale dezvăluiau că concluziile bazate pe analize statistice ale unor ansambluri mari de particule – descriind modul cum ricoşează ele în recipiente, şi astfel exercită presiune asupra acestei suprafețe, dobândesc acea densitate sau se destind la acea temperatură – se potriveau atât de bine cu datele experimentale, încât nu mai exista nici un motiv de a pune la îndoială puterea explicativă a abordării.

Aşa s-a născut baza statistică a proceselor termice.

A fost un mare triumf şi le-a permis fizicienilor să înțeleagă nu doar motoarele cu aburi, ci şi o gamă largă de sisteme termice – de la atmosfera Pământului la coroana solară şi la vastul ansamblu de particule care se înghesuie în interiorul unei stele neutronice. Dar ce legătură au toate astea cu perspectiva lui Russell asupra viitorului, cu previziunea unui univers care se târăşte către moarte? Bună întrebare. Aveți răbdare, ajungem şi acolo, dar mai avem câțiva paşi de făcut. Următorul e să folosim aceste progrese pentru a dezvălui caracteristica esențială a viitorului: el se deosebeşte profund de trecut.

De la acesta la acela

Distincția dintre trecut şi viitor e fundamentală, şi în acelaşi timp esențială pentru experiența umană. Ne-am născut în trecut. Vom muri în viitor. Între timp, suntem martori la nenumărate întâmplări ce decurg într-o succesiune de evenimente care, considerate în ordine inversă, ar apărea absurde. Van Gogh a pictat *Noaptea înstelată*, dar nu ar fi putut ca după aceea să îndepărteze vârtejurile de culoare prin trăsături inverse de penel şi să restituie o pânză goală. Titanicul s-a frecat de un aisberg care i-a sfărâmat carena, dar nu ar fi putut ca după aceea să pună motoarele în marşarier, să facă drum întors şi să anuleze stricăciunile. Fiecare dintre noi creştem şi îmbătrânim, dar nu putem întoarce acele ceasului nostru interior şi să ne recăpătăm tinerețea.

Dat fiind că ireversibilitatea este atât de importantă pentru evoluția lucrurilor, s-ar putea crede că originea sa matematică în legile fizicii e uşor de identificat. Desigur, ar trebui să putem găsi

în ecuații ceva care garantează că, deşi lucrurile se pot transforma din *acesta* în *acela*, matematica le interzice să se transforme din *acela* în *acesta*. Dar timp de sute de ani ecuațiile pe care le-am elaborat n-au reuşit să ne ofere nimic de felul acesta. Dimpotrivă, deşi legile fizicii au fost în permanență rafinate, trecând prin mâinile lui Newton (mecanica clasică), Maxwell (electromagnetism), Einstein (fizică relativistă) şi ale zecilor de oameni de ştiință răspunzători pentru fizica cuantică, o trăsătură a rămas stabilă: legile au perseverat într-o insensibilitate completă față de ceea ce noi, oamenii, numim viitor şi ceea ce numim trecut. Odată definită starea lumii în prezent, ecuațiile matematice tratează desfăşurările de evenimente spre viitor sau spre trecut în exact acelaşi mod. Deşi pentru noi această distincție contează, şi încă foarte mult, legile fizicii ridică din umeri în fața deosebirii, considerând că nu e mai importantă decât dacă ceasul de pe un stadion marchează timpul scurs sau cel rămas. Ceea ce înseamnă că, dacă legile permit ca o anumită succesiune de evenimente să aibă loc, atunci în mod necesar ele permit şi succesiunea inversă.[7]

Student fiind, când am aflat prima oară lucrul acesta, mi s-a părut aproape ridicol. În lumea reală nu vedem săritori la trambulină țâşnind din bazin cu picioarele înainte şi aterizând calmi pe trambulină. Nu vedem cioburi de sticlă colorată sărind de pe podea şi reconstituind o lampă Tiffany. Secvențele de film derulate invers sunt comice tocmai fiindcă ceea ce vedem pe ecran se deosebeşte atât de profund de orice experiență reală. Şi totuşi, potrivit matematicii, evenimentele prezentate în imaginile derulate invers sunt întru totul conforme cu legile fizicii.

Şi atunci de ce este experiența noastră atât de asimetrică? De ce vedem că întotdeauna evenimentele se desfăşoară într-o direcție temporală, şi niciodată invers? O parte fundamentală a răspunsului o dezvăluie noțiunea de *entropie*, un concept care va fi esențial pentru înțelegerea evoluției cosmice.

Entropia: o primă aproximare

Entropia este unul dintre conceptele cele mai derutante din fizica fundamentală, fapt care nu a diminuat apetitul cultural pentru invocarea lui liberă în descrierea unor situații cotidiene care au evoluat de la ordine la haos sau, mai simplu spus, de la bine la rău. Pentru uzul conversației nu-i o problemă; uneori eu însumi am invocat entropia în felul acesta. Dar, întrucât conceptul ştiințific de entropie ne va călăuzi călătoria – şi fiindcă se află în centrul perspectivei întunecate despre viitor a lui Russell –, se cuvine să-i descifrăm mai precis semnificația.

Începem cu o analogie. Să ne imaginăm că scuturăm viguros o pungă care conține o sută de monede, iar apoi o deşertăm pe masa din sufragerie. Dacă toate cele o sută de monede ar arăta avers, am fi cu siguranță surprinşi. Dar de ce? Pare evident, însă faptul merită o analiză mai atentă. Lipsa chiar şi a unui singur revers înseamnă că toate cele o sută de monede, după ce au săltat, s-au ciocnit şi s-au răsucit în mod aleatoriu, trebuie să cadă pe masă pe aceeaşi față. Toate. Aşa ceva e dificil. A obține acel unic rezultat este o cerință greu de îndeplinit. Prin comparație, dacă considerăm un rezultat fie şi uşor diferit, în care, să zicem, avem un singur revers (celelalte 99 de monede fiind avers), există o sută de moduri diferite în care lucrul acesta se poate

întâmpla: reversul singuratic poate fi prima monedă, sau a doua, sau a treia, şi aşa mai departe până la cea de-a o suta. A obține 99 de aversuri este prin urmare de o sută de ori mai uşor – de o sută de ori mai probabil – decât a obține numai aversuri.

Să mergem mai departe. Un calcul simplu arată că există 4.950 de moduri diferite în care putem obține două reversuri (prima şi a doua monedă; prima şi a treia; a doua şi a treia; prima şi a patra; şi aşa mai departe). Încă un mic calcul şi găsim că există 161.700 de moduri diferite în care putem obține ca trei monede să arate revers, aproape patru milioane de moduri de a obține patru reversuri; şi aproximativ 75 de milioane de moduri de a obține cinci reversuri. Detaliile numerice nu contează; ceea ce vreau să arăt este tendința generală. Fiecare revers în plus permite un ansamblu mult mai mare de rezultate care îndeplinesc cerința. Incomparabil mai mare. Numerele sunt maxime pentru 50 de reversuri (şi 50 de aversuri), pentru care există aproximativ o sută de miliarde de miliarde de miliarde de combinații posibile (mai exact, 100.891.344.545.564.193.334.812.497.256 combinații).[8] A obține 50 de aversuri şi 50 de reversuri este aşadar de aproximativ o sută de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai probabil decât a obține numai aversuri.

De aceea ar fi şocant dacă am obține numai aversuri.

Explicația mea se bazează pe faptul că cei mai mulți dintre noi analizăm intuitiv ansamblul de monede în acelaşi mod în care Maxwell şi Boltzmann au susținut că trebuie analizat un cilindru plin cu aburi. La fel cum oamenii de ştiință au refuzat să analizeze aburul moleculă cu moleculă, de regulă nici noi nu evaluăm o colecție aleatorie de

monede una câte una. Prea puțin ne pasă sau măcar observăm dacă a 29-a monedă e avers sau a 71-a e revers. În schimb, examinăm ansamblul ca un întreg. Iar trăsătura care ne atrage atenția este numărul de aversuri comparat cu numărul de reversuri: sunt mai multe aversuri decât reversuri, sau invers? De două ori mai multe? De trei ori mai multe? Cam tot atâtea? Putem detecta schimbări semnificative în raportul dintre numerele de aversuri şi de reversuri, dar rearanjările aleatorii care păstrează acest raport – de pildă a întoarce monedele a 23-a, a 46-a şi a 92-a din revers în avers concomitent cu a întoarce monedele a 17-a, a 52-a şi a 81-a din avers în revers – sunt practic indiscernabile. În consecință, am împărțit rezultatele posibile în grupuri, fiecare conținând acele configurații de monede care arată aproape la fel, şi am specificat numărul de membri din fiecare grup: am numărat rezultatele fără nici un revers, rezultatele cu un revers, rezultatele cu două reversuri, şi aşa mai departe până la 50 de reversuri.

Concluzia cea mai importantă este că aceste grupuri nu au acelaşi număr de membri. Nici pe departe. De aceea e evident că am fi şocați ca dintr-o aruncare aleatorie de monede să nu rezulte nici un revers (un grup cu un singur membru), ceva mai puțin şocați dacă ar rezulta un revers (un grup cu o sută de membri), încă şi mai puțin şocați dacă am găsi două reversuri (un grup cu 4.950 de membri), dar am căsca de plictiseală dacă ar rezulta o configurație cu jumătate aversuri şi jumătate reversuri (un grup cu aproximativ o sută de miliarde de miliarde de miliarde de membri). Cu cât un grup are mai mulți membri, cu atât e mai probabil ca un rezultat aleatoriu să aparțină acelui grup. Mărimea grupului contează.

Dacă subiectul acesta e nou pentru voi, poate nu realizați că tocmai am ilustrat conceptul esențial de entropie. Entropia unei configurații date de monede este mărimea grupului din care face parte – numărul de configurații înrudite care arată practic la fel cu cea dată.[9] Dacă sunt multe asemenea sosii, atunci configurația dată are entropie înaltă. Dacă sunt puține sosii, configurația dată are entropie scăzută. În condiții identice, o aruncare aleatorie e mai probabil să aparțină unui grup cu entropie mai înaltă, deoarece grupurile acestea au mai mulți membri.

Formularea aceasta face totodată legătura cu utilizările colocviale ale entropiei la care m-am referit la începutul acestei secțiuni. Intuitiv, configurațiile dezordonate (gândiți-vă la un birou haotic supraîncărcat cu documente împrăştiate, pixuri şi agrafe pentru hârtie) au entropie înaltă fiindcă foarte multe rearanjări ale constituenților arată practic la fel; rearanjați la întâmplare o configurație dezordonată şi va arăta tot dezordonat. Configurațiile ordonate (gândiți-vă la un birou imaculat pe care toate documentele, pixurile şi agrafele pentru hârtie sunt aşezate la locul lor) au entropie scăzută, fiindcă foarte puține rearanjări ale constituenților arată la fel. Ca şi în cazul monedelor, entropia scăzută atrage atenția fiindcă aranjamentele dezordonate sunt mult mai numeroase decât cele ordonate.

Entropia: cea reală

Monedele sunt foarte utile fiindcă ilustrează abordarea pe care au dezvoltat-o oamenii de ştiință pentru analiza ansamblurilor numeroase de particule care alcătuiesc sistemele fizice, fie că e vorba de

moleculele de apă zburând încoace şi încolo într-un motor cu aburi încins sau de moleculele de aer în derivă prin camera în care respirați acum. La fel ca în cazul monedelor, ignorăm detaliile particulelor individuale – prea puțin contează dacă o anumită moleculă de apă se întâmplă să fie aici sau acolo –, şi în schimb grupăm laolaltă acele configurații de particule care arată practic la fel. În cazul monedelor, criteriul de asemănare se referea la raportul dintre numărul de aversuri şi de reversuri, fiindcă în general nu ne interesează cum e aşezată o anumită monedă şi luăm în seamă doar aspectul global al configurației. Dar ce înseamnă „arată practic la fel“ pentru un ansamblu mare de molecule de gaz?

Să ne gândim la aerul care umple acum camera în care vă aflați. Dacă sunteți la fel ca mine şi toți ceilalți, prea puțin vă pasă că o anumită moleculă de oxigen zboară prin dreptul ferestrei, sau cutare moleculă de azot ricoşează de podea. Vă pasă doar ca la fiecare inspirație să existe volumul de aer care vă este necesar. Ei bine, mai sunt alte câteva trăsături de care probabil că vă pasă. Dacă temperatura aerului ar fi atât de mare, încât să vă ardă plămânii, nu v-ar plăcea. Sau dacă presiunea aerului ar fi atât de mare (şi nu ați egalizat-o cu presiunea aerului deja existent în trompele lui Eustachius), încât să vă spargă timpanele, iarăşi nu v-ar plăcea. Vă interesează, aşadar, volumul, temperatura şi presiunea aerului. Într-adevăr, acestea sunt proprietățile macroscopice de care le pasă şi fizicienilor, de la Maxwell şi Boltzmann până în zilele noastre.

În consecință, în cazul unui ansamblu mare de molecule dintr-un recipient spunem că nişte configurații diferite „arată practic la fel“ dacă ele

umplu acelaşi volum, au aceeaşi temperatură şi exercită aceeaşi presiune. La fel ca în cazul monedelor, grupăm laolaltă toate configurațiile similare de molecule şi spunem că fiecare membru al grupului produce aceeaşi *macrostare*. Entropia macrostării este numărul acestor sosii. Presupunând că nu porniți chiar acum radiatorul (influențând temperatura), nu instalați un paravan impermeabil (influențând volumul) şi nu pompați o cantitate suplimentară de oxigen (influențând presiunea), configurația în permanentă evoluție a moleculelor de aer care zboară încoace şi încolo prin camera în care locuiți acum aparține aceluiaşi grup – toate arată practic la fel – fiindcă toate produc aceleaşi caracteristici macroscopice pe care le percepeți în momentul de față.

Organizarea particulelor în grupuri de sosii oferă o schemă extrem de eficientă. Aşa cum rezultatul aruncării aleatorii a unor monede e mult mai probabil să aparțină unui grup cu mai mulți membri (cu entropie mai înaltă), la fel se întâmplă şi cu particulele care ricoşează la întâmplare. Fapt pe atât de uşor de înțeles pe cât îi sunt de vaste consecințele: indiferent dacă particulele care ricoşează se găsesc într-un motor cu aburi, în camera noastră sau oriunde altundeva, înțelegând caracteristicile tipice ale configurațiilor cele mai comune (care aparțin grupurilor cu cei mai mulți membri), putem face predicții despre proprietățile macroscopice ale sistemului – adică tocmai proprietățile care ne interesează. Acestea sunt, desigur, predicții statistice, dar cu o probabilitate fantastic de mare de a fi exacte. Culmea este că realizăm toate acestea evitând în acelaşi timp complexitatea insurmontabilă a analizei traiectoriilor unui număr absurd de mare de

particule.

Pentru a îndeplini programul trebuie aşadar să ne perfecționăm capacitatea de a distinge între configurațiile comune (cu entropie înaltă) ale particulelor şi cele rare (cu entropie scăzută). Altfel spus, dată fiind starea unui sistem fizic, trebuie să determinăm dacă există multe sau puține rearanjări ale constituenților în urma cărora sistemul va arăta practic la fel. Ca un studiu de caz, să facem o vizită în baia plină cu aburi după ce tocmai ați făcut un duş fierbinte lung. Pentru a determina entropia aburului, trebuie să numărăm configurațiile de molecule – pozițiile lor posibile şi vitezele lor posibile – care toate au aceleaşi proprietăți macroscopice sau, altfel spus, au acelaşi volum, aceeaşi temperatură şi aceeaşi presiune.[10] Calculul matematic efectiv pentru un ansamblu de molecule de H_2O este mai dificil decât numărătoarea analoagă pentru un ansamblu de monede, dar este ceva ce majoritatea studenților la fizică învață în anul al doilea. Mai simplu, şi totodată mai edificator, e să calculăm cum influențează entropia volumul, temperatura şi presiunea.

Mai întâi volumul. Să ne imaginăm că moleculele de H_2O care zboară prin baie sunt înghesuite într-un ungher, formând un ghem dens de aburi. În această configurație, rearanjările posibile ale pozițiilor moleculelor vor fi limitate drastic; în mişcarea lor, moleculele de H_2O trebuie să rămână în interiorul ghemului, altminteri configurația modificată *va arăta* diferit. Prin comparație, atunci când aburul e răspândit uniform în toată baia, jocul scaunelor muzicale[7] moleculare e mult mai puțin constrâns. Putem schimba între ele pozițiile moleculelor aflate lângă măsuța de toaletă cu ale celor care plutesc în preajma corpului de iluminat, ale celor de lângă

perdeaua duşului cu ale celor care dau târcoale ferestrei, şi cu toate acestea, pe ansamblu, aburul va arăta la fel. De reținut şi că, cu cât este mai mare baia, cu atât numărul locurilor unde se pot răspândi particulele e mai mare, ceea ce sporeşte şi numărul rearanjărilor disponibile. Concluzia, prin urmare, este că configurațiile mai mici şi mai strâns înghesuite de molecule au entropie mai scăzută, pe când configurațiile mai mari şi răspândite uniform au entropie mai înaltă.

Urmează temperatura. La nivelul moleculelor, ce înțelegem prin temperatură? Răspunsul este bine-cunoscut. Temperatura este viteza medie a unui ansamblu de molecule.[11] Ceva este rece dacă viteza medie a moleculelor sale e mică şi este fierbinte dacă viteza lor medie e mare. Aşadar, a determina cum influențează temperatura entropia echivalează cu a determina cum influentează viteza moleculară medie entropia. Şi, la fel ca în cazul pozițiilor moleculelor, o evaluare calitativă este la îndemână. Dacă temperatura aburului e scăzută, rearanjările permise ale vitezelor moleculare vor fi comparativ puțin numeroase: pentru a menține temperatura fixată – şi a garanta în felul acesta că toate configurațiile arată practic la fel –, orice creştere a vitezei unora dintre molecule trebuie compensată cu o reducere corespunzătoare a vitezei altora. Dar problema cu temperaturile scăzute (viteze moleculare medii mici) este că vitezele nu pot fi reduse prea mult înainte de a atinge nivelul cel mai scăzut, zero. Spectrul disponibil al vitezelor moleculare posibile este prin urmare îngust, şi ca atare libertatea de a rearanja vitezele e limitată. Prin comparație, dacă temperatura este înaltă, jocul scaunelor muzicale devine din nou palpitant: cu o valoare medie mai mare, spectrul vitezelor

moleculare – unele mai mari decât media, iar altele mai mici – e mult mai larg, oferind o mai mare libertate de a amesteca vitezele, păstrând totodată valoarea medie. Mai multe rearanjări ale vitezelor moleculare al căror rezultat arată practic la fel înseamnă că o temperatură mai mare implică în general o entropie mai înaltă.

În sfârşit, presiunea. Presiunea exercitată de aburi asupra pielii noastre sau asupra pereților băii se datorează impactului fluxului de molecule de H_2O care izbesc aceste suprafețe: fiecare impact molecular exercită o mică împingere, deci cu cât sunt mai multe molecule, cu atât presiunea e mai mare. Pentru valori date ale volumului şi temperaturii, presiunea e determinată de numărul total al moleculelor de abur din baie, o mărime ale cărei consecințe pentru entropie pot fi calculate cu cea mai mare uşurință. Mai puține molecule de H_2O în baie (duşul făcut a fost mai scurt) înseamnă că sunt posibile mai puține rearanjări, deci entropia e mai scăzută; mai multe molecule de H_2O (ați făcut un duş mai lung) înseamnă că sunt posibile mai multe rearanjări, deci entropia este mai înaltă.

Pentru a rezuma: dacă sunt mai puține molecule, sau temperatura este mai joasă, sau volumul este mai mic, entropia e mai scăzută. Dacă sunt mai multe molecule, sau temperatura este mai înaltă, sau volumul este mai mare, entropia e mai înaltă.

Pornind de la această sumară trecere în revistă, fie-mi îngăduit să subliniez un mod de a concepe entropia, deficitar în privința rigorii, dar care oferă o regulă empirică utilă. Trebuie să ne aşteptăm să întâlnim stări cu entropie înaltă. Deoarece asemenea stări pot fi realizate de un mare număr de aranjări diferite ale particulelor constituente, ele sunt comune, prozaice, uşor de configurat, de doi bani.

Dimpotrivă, dacă întâlnim o stare cu entropie scăzută, ea trebuie să ne atragă atenția. Entropie scăzută înseamnă că sunt mult mai puține moduri în care macrostarea dată poate fi realizată de ingredientele sale microscopice, prin urmare, asemenea configurații sunt greu de găsit, neobişnuite, aranjate cu grijă, rare. Ieşiți de sub un duş fierbinte lung şi observați că aburul e răspândit uniform în toată baia: entropie înaltă, şi deloc surprinzător. Ieşiți de sub un duş fierbinte lung şi observați că tot aburul s-a adunat într-un cubuleț perfect care pluteşte în fața oglinzii: entropie scăzută, şi extraordinar de neobişnuit. Atât de neobişnuit, încât, dacă am întâlni o asemenea configurație, ar trebui să fim extrem de sceptici privind explicația că tocmai am dat peste unul dintre acele lucruri improbabile care se întâmplă din când în când. Aceasta *ar putea fi* explicația. Dar aş paria pe viața mea că nu este. Aşa cum am bănui că există un motiv dincolo de simpla întâmplare că o sută de monede de pe masa din sufragerie sunt toate avers (de pildă cineva a întors intenționat toate monedele care erau revers), trebuie să căutăm o explicație dincolo de simpla întâmplare pentru toate configurațiile cu entropie scăzută pe care le întâlnim.

Raționamentul acesta se aplică şi în situații aparent banale, precum a găsi un ou, un muşuroi de furnici sau o cană. Natura ordonată, meşteşugită, cu entropie scăzută a acestor configurații necesită o explicație. Că în mişcarea lor aleatorie particulele adecvate tocmai s-au combinat într-un ou, un muşuroi de furnici sau o cană e de conceput, dar neverosimil. În schimb, suntem motivați să găsim explicații mai convingătoare, şi bineînțeles că nu trebuie să căutăm departe: oul, muşuroiul de furnici

şi cana apar datorită unor forme specifice de viață care aranjează o configurație altminteri aleatorie de particule din mediul înconjurător pentru a produce structuri ordonate. Cum e capabilă viața să producă o asemenea ordine admirabilă este o temă de care ne vom ocupa în capitole ulterioare. Deocamdată, este de reținut că trebuie să privim configurațiile cu entropie scăzută ca pe un diagnostic, un indiciu că influențe organizatorice puternice pot fi răspunzătoare pentru ordinea pe care am întâlnit-o.

La sfârşitul secolului XIX, înarmat cu aceste idei, dintre care multe inventate de el însuşi, fizicianul austriac Ludwig Boltzmann a crezut că poate să abordeze întrebarea care a lansat secțiunea aceasta a discuției noastre: ce distinge viitorul de trecut? Răspunsul său s-a bazat pe o proprietate a entropiei articulată de legea a doua a termodinamicii.

Legile termodinamicii

În vreme ce entropia şi legea a doua se bucură de un mare număr de referințe culturale, mențiunările publice ale primei legi a termodinamicii sunt mai rare. Totuşi, pentru a înțelege pe deplin legea a doua, e util ca în prealabil să înțelegem prima lege. Se dovedeşte că şi aceasta e bine-cunoscută, dar sub un pseudonim. Este legea conservării energiei. Valoarea energiei la începutul unui proces este egală cu valoarea sa la sfârşitul procesului. Energia trebuie meticulos contabilizată, incluzând toate formele în care s-a putut transforma o cantitate inițială de energie, cum ar fi energie cinetică (energie de mişcare), energie potențială (energie depozitată, de exemplu într-un resort întins), radiație (energie transportată de câmpuri, ca de exemplu câmpul electromagnetic sau cel gravitațional) sau

căldură (agitația aleatorie a moleculelor şi atomilor). Dacă totul e luat în calcul cu grijă, prima lege a termodinamicii garantează că balanța energiei se va echilibra.[12]

Legea a doua a termodinamicii se concentrează asupra entropiei. Spre deosebire de prima lege, cea de-a doua nu este o lege de conservare. Este o lege de creştere. Legea a doua afirmă că, în timp, există o tendință copleşitoare ca entropia să crească. În termeni simpli, configurațiile speciale tind să evolueze către configurații obişnuite (cămaşa călcată cu grijă devine şifonată şi încrețită) sau ordinea tinde să cadă în dezordine (ordinea din garaj degenerează într-o harababură de unelte, cutii şi echipament sportiv). În vreme ce descrierea aceasta oferă o bună imagine intuitivă, formularea statistică a lui Boltzmann a entropiei ne permite să descriem legea a doua cu precizie şi, la fel de important, să înțelegem clar de ce este adevărată.

Totul se reduce la un joc cu numere. Să ne gândim din nou la monede. Dacă le aranjăm aşa încât toate să arate avers, o configurație cu entropie scăzută, iar apoi le scuturăm puțin, ne aşteptăm să obținem cel puțin câteva reversuri, o configurație cu entropie mai înaltă. Dacă le scuturăm în continuare, nu e exclus să obținem din nou doar aversuri, dar asta ar presupune ca scuturătura să fi fost tocmai cea corectă, atât de perfect reglată, încât să întoarcă numai acele câteva monede care întâmplător erau revers. E un lucru extraordinar de improbabil. Sunt şanse incomparabil mai mari ca scuturarea să producă un ansamblu aleatoriu de monede. Câteva dintre puținele monede care erau revers ar putea deveni avers, dar dintre cele care erau avers mult mai multe vor deveni revers. Prin urmare, o logică directă – fără matematică sofisticată, fără idei inutil

de abstracte – ne arată că dacă inițial toate monedele erau avers, scuturarea aleatorie va determina o creştere a numărului de reversuri. O creştere, aşadar, a entropiei.

Evoluția către un număr mai mare de reversuri va continua până când raportul dintre numărul de aversuri şi cel de reversuri va fi aproximativ 50–50. Din acel moment, scuturarea va tinde să transforme numere egale de aversuri în reversuri şi invers, astfel încât monedele îşi vor petrece cea mai mare parte a timpului migrând între membrii grupurilor cu entropia cea mai înaltă, care sunt cele mai populate.

Ce este adevărat pentru monede este adevărat în general. Coace pâine şi poți fi sigur că în scurt timp aroma va umple camerele aflate departe de bucătărie. La început, moleculele eliberate prin coacerea pâinii sunt grupate în apropierea cuptorului. Dar ele se vor dispersa treptat. Motivul, similar cu explicația noastră privitoare la monede, este că sunt mult mai multe posibilități ca moleculele să se risipească decât ca ele să se adune. Prin urmare, este infinit mai probabil ca în urma ciocnirilor aleatorii moleculele să fie purtate spre exterior decât ca ele să se îngrămădească spre interior. Configurația cu entropie scăzută a moleculelor grupate în preajma cuptorului evoluează aşadar în mod natural către starea cu entropie mai mare în care ele sunt răspândite în toată casa.[13]

Mai general, dacă un sistem fizic nu se află deja în starea cu cea mai mare entropie disponibilă, există o probabilitate covârşitoare ca el să evolueze către acea stare. Explicația, bine ilustrată de aroma pâinii, se bazează pe raționamentul cel mai simplu: deoarece numărul de configurații cu mai multă

entropie îl depăşeşte categoric pe al celor cu mai puțină entropie (prin însăşi definiția entropiei), sunt incomparabil mai multe şanse ca agitația aleatorie – ciocnirile şi vibrațiile necontenite ale atomilor şi moleculelor – să îndrepte sistemul către o entropie mai mare, iar nu mai mică. Procesul va continua până când se atinge o configurație cu cea mai mare entropie disponibilă. După care agitația va tinde să determine constituenții să migreze între configurațiile (de regulă colosal de numeroase) ale stărilor cu entropia cea mai mare.[14]

Aceasta este legea a doua a termodinamicii. Şi din acest motiv ea este adevărată.

Energie şi entropie

S-ar putea crede că prima şi a doua lege a termodinamicii sunt complet distincte. În fond, una se concentrează asupra energiei şi a conservării sale, cealaltă asupra entropiei şi a creşterii sale. Dar între ele există o legătură profundă, care evidențiază un fapt implicit în legea a doua şi la care vom reveni în mod repetat: nu toate formele de energie sunt egale între ele.

Să considerăm, de exemplu, un cartuş de dinamită. Fiindcă toată energia depozitată în dinamită e conținută într-un pachet chimic dens, compact şi ordonat, energia este uşor de folosit. Plasați dinamita acolo unde aveți nevoie de energia depozitată în ea şi aprindeți fitilul. Atâta tot. După explozie, toată energia dinamitei continuă să existe. Aceasta este prima lege în acțiune. Dar, fiindcă energia dinamitei a fost transformată în mişcarea rapidă şi haotică a unor particule foarte dispersate, utilizarea ei este acum extrem de dificilă. Prin urmare, cantitatea totală de energie rămâne

neschimbată, dar nu şi calitatea ei.

Înaintea exploziei, spunem că energia dinamitei este de calitate înaltă: e concentrată şi uşor de accesat. După explozie, spunem că energia dinamitei este de calitate scăzută: e risipită şi greu de folosit. Şi deoarece explozia dinamitei se conformează întru totul legii a doua, trecând de la ordine la dezordine – de la entropie scăzută la entropie înaltă – asociem entropia scăzută cu energia de calitate înaltă, iar entropia înaltă cu energia de calitate scăzută. Da, ştiu, este o argumentație întortocheată. Dar concluzia e concisă şi plină de miez: în vreme ce, conform primei legi a termodinamicii, cantitatea totală de energie se conservă în timp, conform legii a doua calitatea acelei energii se degradează cu timpul.

Şi atunci, de ce viitorul se deosebeşte de trecut? Răspunsul, evident din discuția de până acum, este că energia care alimentează viitorul este de calitate mai scăzută în raport cu cea care alimentează trecutul. Viitorul are o entropie mai înaltă decât trecutul.

Sau cel puțin asta a propus Boltzmann.

Boltzmann şi big bang-ul

Cu siguranță Boltzmann era pe calea cea bună. Dar adevărul este că există o clarificare subtilă a legii a doua ale cărei implicații nici măcar Boltzmann nu le-a înțeles pe deplin dintru început.

Legea a doua nu este o lege în sensul tradițional. Ea nu exclude în mod absolut ca entropia să scadă. Ea declară doar că o asemenea descreştere e improbabilă. În cazul monedelor, am cuantificat această probabilitate. În comparație cu singura configurație în care toate monedele arată avers, este

de o sută de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai probabil ca dintr-o scuturare aleatorie să rezulte o configurație cu 50 de aversuri şi 50 de reversuri. Să scuturăm din nou acea configurație cu entropie înaltă şi nu e interzis să obținem o configurație cu entropie mai scăzută, de pildă numai aversuri, dar, din cauza şanselor infime, în practică aşa ceva nu se întâmplă.

Pentru un sistem fizic obişnuit alcătuit din mult mai mult decât o sută de componente, probabilitatea unei descreşteri a entropiei devine cu atât mai mică. În timp ce se coace, pâinea eliberează miliarde şi miliarde de molecule. Configurațiile în care acele molecule se răspândesc în toată casa sunt incomparabil mai numeroase decât cele în care toate se întorc în cuptor. În agitația şi ciocnirile lor aleatorii, moleculele *ar putea* face cale întoarsă, să intre înapoi în pâine şi să anuleze complet procesul de coacere, lăsându-ne cu o grămadă de aluat crud şi rece. Dar şansele ca aşa ceva să se întâmple sunt mai apropiate de zero decât probabilitatea ca împroşcând vopsele pe o pânză să reproducem *Mona Lisa*. Chiar şi aşa, ideea este că, dacă un asemenea proces de inversare a entropiei s-ar petrece, el nu ar contraveni legilor fizicii. Deşi spectaculos de improbabil, legile fizicii *permit* ca entropia să scadă.

Să nu fiu greşit înțeles. Nu menționez toate acestea pentru a sugera că într-o zi am putea să descoacem pâine, să asistăm la dezaccidentarea unei maşini sau la dezarderea unui document. În schimb, subliniez un important aspect de principiu. Am explicat mai înainte că legile fizicii pun viitorul şi trecutul pe picior de egalitate. Legile garantează aşadar că procesele fizice care decurg într-o anumită succesiune temporală pot decurge şi în sens invers.

Şi fiindcă aceleaşi legi guvernează totul, inclusiv procesele fizice răspunzătoare de felul în care se modifică entropia în timp, ar fi într-adevăr ciudat, de fapt greşit, dacă am constata că acele legi permit entropiei doar să crească. Ele nu fac asta. Toate procesele în care entropia creşte şi pe care le experimentăm zi de zi întreaga viață – de la cele banale precum spargerea unui pahar, la cele profunde precum îmbătrânirea corpului – pot decurge şi în sens invers. Entropia poate să scadă. Doar că e ridicol de improbabil.

Prin urmare, unde ne duce asta în încercarea de a explica de ce viitorul e diferit de trecut? Ei bine, dată fiind o configurație prezentă cu o entropie mai mică decât cea maximă, legea a doua arată că e covârşitor de probabil ca viitorul să fie diferit, fiindcă e covârşitor de probabil ca entropia să crească. Configurațiile materiale a căror entropie este mai scăzută decât valoarea maximă posibilă ard de nerăbdare să evolueze către o entropie mai înaltă. Cu observația aceasta, unii dintre cei care explorează deosebirea dintre trecut şi viitor se declară mulțumiți, considerând că munca lor s-a încheiat.

Dar munca nu s-a încheiat. La fel de important, trebuie să explicăm de ce ne găsim în prezent într-o stare atât de specială, improbabilă şi surprinzătoare, în care entropia este mai scăzută decât cea maximă – un univers plin cu structuri ordonate, de la planete şi stele la păuni şi oameni. Dacă lucrurile ar sta altfel, dacă configurația actuală ar fi starea previzibilă, obişnuită şi deloc surprinzătoare în care entropia e maximă, atunci foarte probabil că universul ar continua să rămână în starea aceasta, producând un viitor prin nimic deosebit de trecut. La fel cum prin scuturarea unei pungi cu monede

rezultă una sau alta din enormul număr de configurații cu aproximativ 50 de aversuri şi 50 de reversuri, şi universul ar rătăci implacabil prin enormul peisaj al configurațiilor sale cu entropie maximă – particule risipite la intervale mari deplasându-se într-o direcție sau alta prin spațiu, versiunea cosmică a aburului care umple uniform o baie.[15] Starea actuală cu entropie mai scăzută decât cea maximă este, din fericire pentru noi, mult mai interesantă. Ea oferă prilejul ca particulele să se asocieze în structuri şi să se producă schimbări macroscopice. Şi atunci ne punem întrebarea: Cum s-a ajuns la prezenta stare cu entropie mai scăzută decât cea maximă?

Urmând ascultători legea a doua, conchidem că starea de azi derivă din starea cu entropie mai scăzută de ieri. Iar starea aceea, presupunem, derivă din starea cu entropie încă şi mai scăzută de alaltăieri, şi aşa mai departe, urmând un traseu cu entropie mereu descrescătoare care ne duce tot mai departe înapoi în timp, până ajungem în cele din urmă la big bang. Big bang-ul ca punct de pornire foarte ordonat, cu entropie extrem de scăzută, explică de ce universul actual nu e maximalizat entropic, permițând un viitor bogat în evenimente care se deosebeşte de trecut.

Putem merge mai departe şi să explicăm de ce începutul universului a fost atât de ordonat? Vom reveni asupra acestei întrebări în capitolul următor, unde vom explora teoriile cosmologice. Pentru moment să observăm că supraviețuirea noastră necesită ordine, de la organizarea noastră moleculară internă, care susține o diversitate de funcții vitale, la sursele de hrană care ne asigură energia de calitate înaltă, la uneltele fabricate şi locuințele care sunt esențiale pentru perpetuarea

existenței noastre. Fără un mediu plin de structuri ordonate cu entropie scăzută, noi, oamenii, nu am fi aici ca să-l observăm.

Căldură şi entropie

Am început capitolul acesta cu Bertrand Russell deplângând un univers supus declinului inexorabil. Cu afirmația legii a doua privind creşterea entropiei am întrezărit ce anume i-a inspirat sumbra profeție. Gândiți-vă la creşterea entropiei ca la o creştere a dezordinii, şi aveți esența problemei. Dar pentru a înțelege pe deplin viitoarele provocări cu care se vor confrunta viața, mintea şi materia – o temă pe care o vom explora pe larg în capitole ulterioare – trebuie să stabilim o legătură între descrierea modernă a legii a doua a termodinamicii, aşa cum am expus-o eu, şi formularea originară dezvoltată la jumătatea secolului XIX. În acea versiune mai veche, legea a doua codifica ceva evident pentru oricine lucra cu motoare cu aburi: procesul prin care se arde combustibil pentru a pune în mişcare o maşină întotdeauna produce căldură şi reziduuri – degradare. Cum însă prima versiune nu făcea nici o referire la numărarea configurațiilor de particule şi nu folosea raționamentul statistic, s-ar părea că ea nu are nici o legătură cu enunțul statistic despre creşterea entropiei pe care tocmai l-am dezvoltat. Dar între cele două formulări există o conexiune profundă şi directă, care dezvăluie de ce conversia de către motorul cu aburi a energiei de calitate înaltă în căldură, o energie de calitate joasă, este ilustrativă pentru degradarea care are loc pretutindeni în cosmos.

Voi explica legătura în doi paşi. Mai întâi, să examinăm relația dintre entropie şi căldură. Pe

urmă, în secțiunea următoare, vom lega căldura de tratarea statistică a legii a doua.

Apucați mânerul fierbinte al unei tigăi, iar căldura va părea că vi se scurge în mână. Dar oare curge într-adevăr ceva? Cu mult timp în urmă, oamenii de ştiință au crezut că răspunsul e afirmativ. Ei au imaginat o substanță asemănătoare unui fluid, numită „caloric“, care ar curge din locurile mai fierbinți spre locurile mai reci la fel cum un râu curge din amonte în aval. Cu timpul, o mai bună cunoaştere a ingredientelor materiei a oferit o altă descriere. Când apucați mânerul tigăii, moleculele în mişcare mai rapidă ale acestuia se ciocnesc cu moleculele mai lente din mână făcând ca, în medie, viteza moleculelor din mână să crească, iar a celor din mâner să scadă. Viteza sporită a moleculelor din mână o simțiți drept căldură; temperatura mâinii a crescut. În mod corespunzător, viteza mai mică a moleculelor din mâner înseamnă că temperatura acestuia a scăzut. Ceea ce curge nu este, prin urmare, o substanță. Moleculele din mâner rămân în mâner, iar cele din mână rămân în mână. În schimb, la fel cum informația curge de la o persoană la alta în jocul telefonului fără fir, agitația moleculară curge de la moleculele din mâner la cele din mână. Aşadar, nu materia însăşi curge din mâner în mână, ci o proprietate a materiei – viteza moleculară medie. Asta înțelegem prin curgerea căldurii.

Aceeaşi descriere se aplică şi entropiei. Pe măsură ce temperatura mâinii creşte, moleculele sale saltă de colo-colo mai rapid, intervalul vitezelor lor posibile se extinde – mărind numărul de configurații accesibile care arată practic la fel –, astfel că şi entropia mâinii creşte. În mod corespunzător, pe măsură ce temperatura mânerului scade, moleculele sale se mişcă mai lent, intervalul

vitezelor lor posibile se restrânge – micşorând numărul de configurații accesibile care arată practic la fel – astfel că şi entropia mânerului scade.

Un moment! Entropia *scade*?

Da. Dar asta nu are nimic de-a face cu acele rare întâmplări statistice norocoase precum a goli o pungă cu monede şi a obține numai aversuri, aşa cum am văzut în secțiunea precedentă. Entropia mânerului fierbinte va scădea de fiecare dată când îl apucați. Aspectul simplu, dar esențial, ilustrat de tigaie este că afirmația legii a doua privind creşterea entropiei se referă la entropia *totală* a unui sistem fizic complet, care include în mod necesar toate lucrurile cu care interacționează sistemul. Deoarece mâna interacționează cu mânerul tigăii, nu putem aplica legea a doua doar mânerului. Trebuie să includem atât mânerul, cât şi mâna (şi, pentru a fi mai precişi, toată tigaia, cuptorul, aerul înconjurător, şi aşa mai departe). Iar un calcul minuțios arată că creşterea entropiei mâinii depăşeşte scăderea entropiei mânerului, asigurând că entropia totală creşte într-adevăr.

Prin urmare, la fel ca şi căldura, într-un anumit sens entropia poate să curgă. În cazul tigăii, ea curge de la mâner spre mână. Mânerul devine ceva mai ordonat, iar mâna devine ceva mai puțin ordonată. Din nou, curgerea nu este sub forma unei substanțe tangibile care inițial s-a aflat în mâner, iar acum s-a deplasat în mână. În schimb, curgerea entropiei denotă o interacțiune între moleculele din mâner şi cele din mână care influențează proprietățile amândurora. În cazul de față, ea modifică vitezele lor medii – respectiv temperaturile lor –, iar aceasta, la rândul ei, influențează entropia fiecăreia.

Aşa cum reiese clar din descriere, curgerea căldurii şi curgerea entropiei sunt în strânsă

legătură. A absorbi căldură înseamnă a absorbi energia purtată de mişcarea moleculară aleatorie. La rândul ei, acea energie determină moleculele care o primesc să se mişte mai rapid sau să se împrăştie într-un volum mai mare, contribuind astfel la creşterea entropiei. Concluzia, prin urmare, este că pentru a deplasa entropie dintr-un loc într-altul, căldura trebuie să curgă dintr-un loc într-altul. Pe scurt, entropia călăreşte valul fluxului de căldură.

Înțelegând astfel relația dintre căldură şi entropie, să reexaminăm legea a doua.

Căldura şi legea a doua a termodinamicii

Explicația faptului că observăm că evenimentele se desfăşoară într-o direcție, dar nu şi invers, ne-a condus la Boltzmann şi la versiunea lui statistică a legii a doua: există o probabilitate covârşitoare ca entropia să crească spre viitor, făcând ca derularea inversă a evenimentelor (în care entropia ar scădea) să fie fantastic de improbabilă. Cum se leagă asta de formularea anterioară a legii a doua, inspirată de motorul cu aburi, care a fost exprimată în termenii producerii inevitabile de căldură reziduală de către sistemele fizice?

Legătura ține de faptul că cele două puncte de pornire – reversibilitatea şi motoarele cu aburi – sunt strâns legate între ele. Motivul este că motorul cu aburi se bazează pe un proces ciclic: un piston este împins înainte de expansiunea aburului, după care este readus în poziția inițială, unde aşteaptă următoarea împingere. Aburul revine şi el la volumul, temperatura şi presiunea inițiale, la fel ca toate piesele esențiale ale motorului, pregătindu-l pentru a se reîncălzi şi a împinge din nou pistonul. Nimic din toate acestea nu pretinde evoluția ridicol

de improbabilă în care fiecare moleculă revine în exact acelaşi loc sau dobândeşte exact aceeaşi viteză pe care a avut-o la începutul ciclului anterior, în schimb este necesar ca aranjamentul de ansamblu – macrostarea motorului – să revină de fiecare dată la aceeaşi formă pentru a iniția ciclul următor.

Ce implică asta pentru entropie? Deoarece entropia este o numărătoare a configurațiilor microscopice care se prezintă ca aceeaşi macrostare, dacă macrostarea motorului cu aburi e restabilită la începutul fiecărui nou ciclu, atunci şi entropia sa trebuie restabilită. Ceea ce înseamnă că toată entropia acumulată de motorul cu aburi pe durata unui ciclu dat (prin absorbirea căldurii din arderea combustibilului, prin generarea de căldură suplimentară datorită frecării părților sale mobile etc.) trebuie expulzată în mediu la încheierea ciclului. Cum realizează motorul cu aburi lucrul acesta? Ei bine, am văzut că pentru a transfera entropie trebuie transferată căldură. Prin urmare, pentru ca motorul cu aburi să se reinițializeze în vederea ciclului următor, *el trebuie să elibereze căldură în mediul exterior*. Acesta e enunțul istoric al legii a doua a termodinamicii, inevitabila deversare de căldură reziduală în mediu – însăşi degradarea care-l apăsa atât de tare pe Bertrand Russell – dedusă acum din versiunea statistică a legii a doua.[16]

Aici voiam să ajung, aşa încât, dacă doriți, puteți sări la secțiunea următoare. Dar, dacă aveți răbdare, există un amănunt pe care ar fi o neglijență să-l omit. V-ați putea întreba: Dacă motorul cu aburi absoarbe căldură din arderea combustibilului (absorbind astfel entropie) doar pentru a elibera căldură în mediu (eliberând astfel entropie), cum îi mai rămâne energie pentru a îndeplini sarcini utile,

precum acționarea unei locomotive? Răspunsul este că motorul cu aburi eliberează mai puțină căldură decât absoarbe, dar cu toate acestea e capabil să elimine în totalitate entropia acumulată. Iată cum:

Motorul cu aburi absoarbe căldură şi entropie din arderea combustibilului şi eliberează căldură şi entropie în mediul înconjurător mai rece. Diferența de temperatură dintre combustibil şi mediu este esențială. Pentru a vedea de ce, să ne imaginăm că pornim două radiatoare identice, unul într-o încăpere rece, iar celălalt într-o încăpere caldă. În încăperea rece, radiatorul agită moleculele de aer amorțite, făcându-le să se mişte mai repede şi să se disperseze mai mult, astfel încât entropia creşte semnificativ. În încăperea caldă, moleculele deja se mişcă rapid şi zboară în toate părțile, astfel încât radiatorul le măreşte doar cu puțin entropia. (E ca şi cum am mări ritmul muzicii la o petrecere dezlănțuită de revelion şi am observa că dansatorii se mişcă doar cu puțin mai repede; dar puneți aceeaşi muzică la Mănăstirea Thiksay[8], ispitindu-i pe călugări să-şi abandoneze practica meditativă şi să înceapă a țopăi, şi veți vedea cu uşurință schimbarea.) Prin urmare, chiar dacă cele două radiatoare sunt identice, cantitățile de entropie pe care le transferă mediului sunt diferite: deşi ele generează aceeaşi cantitate de căldură, radiatorul din mediul mai rece transferă mai multă entropie. O anumită cantitate de căldură primită produce aşadar o creştere entropică mai mare într-un mediu mai rece. Înțelegând lucrul acesta, vedem că motorul cu aburi se poate debarasa de toată entropia obținută de la combustibilul mai fierbinte, eliminând doar o parte din căldură în mediul mai rece. Căldura rămasă e disponibilă pentru a face aburul să se dilate, împingând pistonul şi efectuând lucru

mecanic util.

Aceasta e explicația, dar nu lăsați ca amănuntele să ascundă concluzia importantă: în timp, sistemele fizice vor evolua, cu o probabilitate fantastic de mare, de la configurații cu entropie mai scăzută la configurații cu entropie mai înaltă. Dacă un sistem, de pildă un motor cu aburi, caută să-şi păstreze integritatea structurală, el trebuie să împiedice tendința naturală de creştere a entropiei, transferând în mediul înconjurător entropia pe care o acumulează. În acest scop, motorul trebuie să elibereze în mediu căldură reziduală.

Pasul în doi entropic

Dacă examinați cu atenție cei doi paşi pe care i-am făcut veți vedea că, deşi ne-am referit tot timpul la motorul cu aburi, concluziile noastre transcend punctul acesta de pornire din secolul XVIII. Esența analizei noastre e o contabilizare riguroasă a entropiei, care poate fi efectuată în orice context. Este esențial să înțelegem lucrul acesta, fiindcă transferul de entropie de la motorul cu aburi la mediul înconjurător prin eliberare de căldură e doar o versiune a unui proces omniprezent cu care ne vom întâlni atunci când vom urmări evoluția cosmosului. Eu îl numesc *pasul în doi entropic*, prin care înțeleg orice proces în care entropia unui sistem scade, fiindcă el produce o creştere încă şi mai mare a entropiei mediului său înconjurător. Pasul în doi face ca, deşi entropia poate să scadă într-un loc, ea va creşte altundeva, garantând creşterea netă a entropiei la care ne aşteptăm pe baza legii a doua.

Pasul în doi entropic e esențial pentru modul cum un univers care se îndreaptă către o dezordine tot mai mare poate totuşi produce şi susține structuri

ordonate precum stele, planete şi oameni. O temă cu care ne vom întâlni în repetate rânduri este că, atunci când energia curge printr-un sistem – de pildă energia rezultată din arderea cărbunelui care curge prin aburi, efectuează lucru mecanic, apoi iese în mediul înconjurător –, ea transportă cu sine entropie, iar astfel poate să mențină sau chiar să producă ordine.

Dansul acesta entropic va coregrafia originea vieții şi a minții, precum şi a mai tuturor lucrurilor pe care mințile le consideră importante.

Suntem motoare cu aburi

Dată fiind importanța reinițializării entropiei de fiecare dată când un motor cu aburi parcurge un ciclu, v-ați putea întreba ce s-ar întâmpla dacă reinițializarea entropiei nu s-ar produce. Aceasta înseamnă că motorul cu aburi nu evacuează o cantitate adecvată de căldură reziduală, astfel încât temperatura sa creşte cu fiecare ciclu până când se supraîncălzeşte şi se defectează. Dacă unui motor cu aburi i s-ar întâmpla aşa ceva, ar fi un inconvenient, dar, presupunând că nu au existat răniți, probabil că nu i-ar produce nimănui o criză existențială. Aceeaşi fizică e însă esențială pentru a vedea dacă viața şi mintea pot dăinui nedefinit în viitor. Motivul este că lucrurile valabile pentru motorul cu aburi sunt valabile şi pentru noi.

Probabil că nu vă considerați un motor cu aburi, nici vreo altă maşinărie fizică. Şi eu doar rareori folosesc aceşti termeni pentru a mă descrie. Dar gândiți-vă: viața noastră implică procese nu mai puțin ciclice decât cele ale unui motor cu aburi. Zi de zi, corpul nostru arde alimentele pe care le mâncăm şi aerul pe care-l respirăm, pentru a furniza

energia necesară funcțiilor interne şi activităților exterioare. Până şi actul gândirii – o mişcare moleculară ce are loc în creier – este alimentat de aceste procese de conversie a energiei. Prin urmare, foarte asemănător motorului cu aburi, nu am putea supraviețui fără a ne reinițializa entropia eliminând în mediul înconjurător excesul de căldură reziduală. Într-adevăr, asta facem cu toții. Tot timpul. De aceea, de exemplu, ochelarii militari cu raze infraroşii proiectați să „vadă“ căldura pe care noi toți o eliminăm încontinuu îi ajută pe soldați să localizeze combatanții inamici pe timp de noapte.

Putem înțelege acum mai bine la ce se gândea Russell când şi-a imaginat viitorul îndepărtat. Cu toții purtăm o bătălie necruțătoare pentru a rezista acumulării persistente de reziduuri, creşterii inexorabile a entropiei. Ca să supraviețuim, mediul trebuie să absoarbă şi să îndepărteze toate reziduurile, toată entropia pe care o generăm. Se pune atunci întrebarea: Oare mediul – prin care acum înțelegem universul observabil – oferă un puț fără fund pentru absorbirea acestor reziduuri? Poate viața să danseze indefinit pasul în doi entropic? Sau va veni o vreme când universul va fi efectiv saturat, şi deci incapabil să mai absoarbă căldura reziduală generată de activitățile care ne definesc, punând capăt vieții şi minții? În formularea lamentoasă a lui Russell, e adevărat că „toate strădaniile din toate vremurile, toată devoțiunea, toată inspirația, toată strălucirea amiezii geniului uman sunt destinate dispariției în vasta moarte a sistemului solar, şi că întregul templu al realizărilor Omului trebuie inevitabil îngropat sub rămăşițele unui univers în ruine“?[17]

Acestea sunt unele dintre întrebările fundamentale pe care le vom explora în capitolele

următoare. Dar am anticipat puțin. Înainte de a discuta despre viață şi minte, trebuie să înțelegem ce rol joacă entropia şi legea a doua în formarea mediilor necesare pentru ca viața şi mintea să poată exista.

Pentru aceasta, să revenim la big bang.

---

7. Joc de copii în care jucătorii dau ocol unui cerc de scaune şi se aşază imediat ce muzica se opreşte. Numărul scaunelor este cu unul mai mic decât cel al persoanelor, iar cine rămâne în picioare părăseşte jocul, care continuă până rămâne o singură persoană (n. tr.).

8. Mănăstire budistă tibetană în regiunea Ladakh din nord-vestul Indiei (n. tr.).

3. ORIGINILE ŞI ENTROPIA

De la creație la structură

Când matematica le permite oamenilor de ştiință să privească în urmă până la o fracțiune de secundă după ceea ce se prea poate să fi fost începutul universului, proximitatea teritoriului aparținând în mod tradițional religiei le sugerează unora că există o alianță profundă, o legătură profundă sau un conflict profund care abia aşteaptă să fie dezvăluite. De aceea, întrebările care mi se pun se referă la opiniile mele privind un creator, aproape la fel de des ca întrebările despre ştiință. De fapt, adesea întrebările includ ambele aspecte. Vom avea tot timpul să examinăm asemenea chestiuni în capitolele următoare, dar aici voi explora un punct de contact, evidențiat în finalul capitolului precedent, care e esențial pentru expunerea de ansamblu: dacă legea a doua a termodinamicii împovărează universul cu o creştere implacabilă a dezordinii, cum poate natura să producă atât de lesne structuri extrem de ordonate şi splendid configurate, de la atomi şi molecule la stele şi galaxii, la viață şi minte? Dacă universul a început cu o explozie, cum a putut acea desfăşurare incandescentă să dea naştere la toată organizarea – de la brațele spirale ale Căii Lactee la superbele peisaje terestre, la conexiunile complexe şi circumvoluțiile creierului uman, la artele, muzica, poezia, literatura şi ştiința pe care le produc asemenea creiere?

Un răspuns, repetat de-a lungul timpului, la

versiunile embrionare ale unor asemenea întrebări, este că ordinea a fost modelată din haos de o inteligență supremă. Experiența umană e în acord cu formula aceasta de inspirație antropomorfă. La urma urmei, o mare parte din ordinea pe care o întâlnim zilnic în civilizația modernă *este* produsul inteligenței. Dar o exegeză adecvată a legii a doua elimină necesitatea unui proiectant inteligent. Într-un mod pe cât de remarcabil, pe atât de surprinzător, regiunile care conțin energie şi ordine concentrate (stelele fiind exemplul arhetipal) sunt consecința naturală a unui univers care se supune necondiționat legii a doua şi devine tot mai *dezordonat*. Într-adevăr, aceste pungi de ordine se dovedesc a fi catalizatorii care fac ca, pe termen lung, universul să-şi realizeze potențialul entropic. Pe parcurs, şi ca parte a acestui progres entropic, ele înlesnesc de asemenea apariția vieții.

Pentru a explora dansul între ordine şi dezordine executat de-a lungul istoriei cosmologice, să începem cu începutul.

O schiță a big bang-ului

La jumătatea anilor 1920, preotul iezuit Georges Lemaître a folosit noua descriere a gravitației concepută de Einstein – teoria generală a relativității – pentru a dezvolta ideea radicală a unui cosmos care a început cu o explozie, şi de atunci a continuat să se extindă. Lemaître nu a fost un fizician de salon. El şi-a obținut doctoratul la Institutul de Tehnologie din Massachusetts şi a fost printre primii oameni de ştiință care au aplicat ecuațiile relativității generale cosmosului în ansamblu. Intuiția lui Einstein, care-l călăuzise cu succes de-a lungul unui deceniu de minunate descoperiri privind

natura spațiului, timpului şi materiei, a fost că obiectele *din* univers au un început, o vârstă mijlocie şi un sfârşit, dar că universul însuşi a existat dintotdeauna şi va exista întotdeauna. Când analiza lui Lemaître a ecuațiilor lui Einstein a sugerat altceva, Einstein a refuzat orice discuție, spunându-i tânărului cercetător: „Calculele dumitale sunt corecte, dar fizica dumitale e abominabilă.“[1] Einstein a subliniat că poți fi expert în manipularea ecuațiilor, şi cu toate astea să-ți lipsească discernământul ştiințific pentru a decide care dintre acele manipulări matematice reflectă realitatea.

Câțiva ani mai târziu, Einstein a fost protagonistul uneia dintre cele mai faimoase schimbări de opinie ştiințifică. Observații detaliate efectuate de astronomul Edwin Hubble la Observatorul Mount Wilson au dezvăluit că toate galaxiile îndepărtate sunt în mişcare. Ele se îndepărtează cu repeziciune. lar tiparul exodului lor – cu cât galaxia e mai departe, cu atât are o viteză mai mare – era în acord cu rezultatele matematice ale ecuațiilor relativității generale. Acum, că datele observaționale susțineau fizica abominabilă a lui Lemaître, Einstein a adoptat fără rezerve ideea unui univers care a avut un început.[2]

În secolul care a trecut de la calculele inovatoare ale lui Lemaître, teoria cosmologică inițiată de el, împreună cu cercetările independente ale fizicianului rus Aleksandr Friedmann, au fost dezvoltate substanțial, şi s-a acumulat un corpus de dovezi observaționale de la telescoape aflate la sol şi în spațiu. Iată descrierea cosmologică modernă care s-a conturat: În urmă cu aproximativ paisprezece miliarde de ani, întregul univers observabil – tot ce putem vedea folosind cele mai puternice telescoape imaginabile – era comprimat într-un grăunte

incredibil de dens, uluitor de fierbinte, care apoi s-a extins rapid. Răcindu-se pe măsură ce se dilata, particulele şi-au încetinit treptat mişcarea frenetică şi s-au agregat în bulgări, care cu trecerea timpului au format stele, planete, tot felul de resturi gazoase şi pietroase împrăştiate în spațiu – şi pe noi.

În două fraze, aceasta e povestea. S-o detaliem. Să examinăm cum, fără intenție sau proiect, fără premeditare sau judecată, fără planificare sau deliberare, cosmosul produce configurații de particule ordonate meticulos, de la atomi până la stele şi la viață. Să înțelegem cum se împacă apariția unor asemenea structuri ordonate cu decretul legii a doua privind creşterea implacabilă a dezordinii. Să urmărim pasul în doi entropic executat pe scena cosmologică.

Pentru aceasta, va trebui să înțelegem mai bine diverse detalii cosmologice. În primul rând, ce a determinat acel grăunte primordial să înceapă a se extinde? Sau, într-un limbaj mai colocvial, ce a declanşat big bang-ul?

Gravitație repulsivă

Antonimele abundă fiindcă experiența e plină de contrarii. Ele nu lipsesc nici din fizică: ordine şi dezordine, materie şi antimaterie, pozitiv şi negativ. Dar, încă de pe vremea lui Newton, forța gravitației părea să nu se conformeze acestui tipar comun. Spre deosebire de forța electromagnetică, care poate să atragă sau să respingă, gravitația părea să fie o forță exclusiv atractivă. Potrivit lui Newton, gravitația exercită o atracție între corpuri, indiferent dacă e vorba de particule sau planete, care le face să se apropie, dar niciodată invers. În absența unui principiu care să impună simetria tuturor acțiunilor

naturii, majoritatea celor care au reflectat în profunzime asupra gravitației au văzut în caracterul ei unilateral o calitate intrinsecă ce trebuie pur şi simplu acceptată. Einstein a schimbat această viziune. Potrivit teoriei generale a relativității, forța gravitațională *poate* fi repulsivă. Newton nu a anticipat o gravitație repulsivă, şi nimeni nu a avut vreodată o asemenea experiență. Dar gravitația repulsivă face exact ceea ce-i sugerează numele. În loc să tragă spre interior, ea împinge spre exterior. Potrivit ecuațiilor lui Einstein, obiectele masive precum stelele şi planetele exercită versiunea atractivă obişnuită a gravitației, dar există situații exotice în care forța gravitațională poate să îndepărteze lucrurile.

Deşi capacitatea forței gravitaționale de a fi repulsivă îi era cunoscută lui Einstein, precum şi unui număr de oameni de ştiință care s-au ocupat ulterior de teoria relativității generale, a fost nevoie de peste o jumătate de secol pentru a descoperi aplicația sa cea mai profundă. Ca tânăr cercetător postdoctoral care studia big bang-ul, Alan Guth şi-a dat seama că gravitația repulsivă ar putea fi soluția unui mister cosmic derutant. Observațiile au arătat că spațiul se extinde. Ecuațiile lui Einstein sunt de acord. Dar ele rămân mute în privința forței care, cu miliarde de ani în urmă, a declanşat expansiunea. Analizele matematice detaliate ale lui Guth, care au culminat în decembrie 1979 cu o lungă noapte de calcule frenetice, au convins ecuațiile să vorbească.

Guth a înțeles că, dacă o regiune a spațiului era umplută cu un anumit tip de substanță, pe care mie îmi mie îmi place s-o numesc „combustibil cosmic“, şi dacă energia conținută în combustibilul cosmic era răspândită uniform în întreaga regiune – nu concentrată în stele sau planete –, atunci forța

gravitațională rezultantă ar fi fost într-adevăr repulsivă. Mai precis, calculele lui Guth au dezvăluit că, dacă o regiune minusculă, având poate un diametru de o miliardime de miliardime de miliardime de metru, e impregnată cu un anumit tip de câmp energetic (numit *câmp inflaton*, printr-o alterare deliberată a termenului „inflație"), şi dacă energia e distribuită uniform, la fel ca aburul a cărui densitate e aceeaşi în tot volumul unei saune, respingerea gravitațională va fi atât de puternică, încât fărâma de spațiu se va umfla [*inflate*] exploziv, extinzându-se aproape instantaneu până la dimensiunea universului observabil, dacă nu mult mai mult. Gravitația repulsivă ar declanşa astfel o explozie. Şi încă una mare: un big bang.[3]

La începutul anilor 1980, fizicianul sovietic Andrei Linde şi doi fizicieni americani, Paul Steinhardt şi Andreas Albrecht, au preluat ştafeta de la Guth şi au dus mai departe ideea, dezvoltând prima versiune complet viabilă a *cosmologiei inflaționare*. În deceniile următoare, aceste prime lucrări au inspirat mii de pagini de calcule matematice complicate şi un mare număr de simulări detaliate pe calculator, umplând reviste de specialitate din întreaga lume cu explicații şi predicții bazate pe ipoteza unui trecut inflaționar. Multe dintre aceste predicții au fost confirmate prin măsurători astronomice extrem de precise. Nu voi expune toate dovezile observaționale care susțin cosmologia inflaționară, un subiect tratat pe larg în multe articole şi cărți, dar voi prezenta o reuşită pe care mulți fizicieni o consideră cea mai convingătoare dintre toate. Ea este în acelaşi timp trăsătura de care vom avea nevoie pentru următorul pas al evoluției cosmice: formarea stelelor şi a galaxiilor.

Luminozitatea remanentă

Pe măsură ce universul timpuriu s-a extins cu repeziciune, căldura sa mistuitoare s-a răspândit într-un spațiu tot mai vast, slăbind în intensitate şi răcindu-se treptat.[4] Încă din anii 1940, mult înainte de elaborarea teoriei inflaționare, fizicienii şi-au dat seama că, redusă în urma expansiunii spațiale la o luminozitate domoală, căldura primordială trebuie să umple şi acum universul. Supranumită „luminozitatea remanentă a creației“ (sau, în jargon tehnic, „radiația cosmică de fond de microunde“), această remarcabilă relicvă cosmologică a fost detectată pentru prima oară în anii 1960 de Arno Penzias şi Robert Wilson, cercetători la Laboratoarele Bell, a căror antenă de telecomunicații perfecționată a receptat întâmplător o radiație difuză care umple spațiul, cu o temperatură de numai 2,7 grade peste zero absolut. În acei ani, oricine ar fi putut detecta radiația: o parte a paraziților de pe ecranul unui televizor de tip vechi acordat pe un canal care şi-a încheiat emisia de seară se datorează acestui vestigiu al big bang-ului.

Cosmologia inflaționară rafinează predicția unei luminozități remanente luând în considerare mecanica cuantică, legile elaborate în primele decenii ale secolului XX pentru a descrie procesele fizice care au loc în lumea microscopică. Deoarece avem în vedere întregul univers, ceva mare, s-ar putea crede că preocuparea fizicii cuantice pentru lucrurile mărunte o fac irelevantă. Şi de n-ar fi cosmologia inflaționară, intuiția aceasta ar fi corectă. Dar, aşa cum întinderea unei bucăți de spandex dezvăluie tiparul complicat al țesăturii, întinderea spațiului în urma unui impuls de

expansiune inflaționară dezvăluie trăsături cuantice îndeobşte restricționate la lumea microscopică. În esență, expansiunea inflaționară pătrunde în lumea microscopică şi face trăsăturile cuantice clar vizibile pe firmament.

Efectul cuantic cel mai relevant este chiar cel care a instituit o ruptură incontestabilă cu tradiția clasică: *principiul de incertitudine al mecanicii cuantice*. Descoperit în 1927 de fizicianul german Werner Heisenberg, principiul de incertitudine a demonstrat că există caracteristici ale lumii – de pildă, poziția şi viteza unei particule – despre care un fizician clasic format în tradiția lui Isaac Newton va susține în mod intransigent că pot fi specificate cu certitudine completă, pe când un fizician cuantic îşi dă seama că ele sunt afectate de o neclaritate cuantică ce le face incerte. E ca şi cum tradiția clasică vedea lumea prin ochelari curați, bine şlefuiți, care formau o imagine perfectă a tuturor caracteristicilor fizice, în vreme ce ochelarii oferiți de perspectiva cuantică sunt inerent încețoşați. În lumea macroscopică de zi cu zi a experienței comune, ceața cuantică e prea subțire pentru a ne stânjeni vederea, astfel încât perspectivele clasică şi cuantică sunt practic indiscernabile. Dar, cu cât scrutezi mai adânc, cu atât lentilele cuantice se aburesc, iar imaginea devine mai neclară.

Metafora aceasta ar putea sugera că tot ce avem de făcut e să curățăm lentilele cuantice. Dar principiul de incertitudine a stabilit că, indiferent cât de exigenți suntem şi cât de avansat este echipamentul pe care-l folosim, întotdeauna va exista un minimum de nebulozitate ce nu poate fi îndepărtată. În fapt, modul meu de exprimare trădează prejudecata experienței umane. Realitatea cuantică *pare* cețoasă numai prin comparație cu

viziunea clasică, demonstrabil incorectă, pe care noi, oamenii, am descoperit-o mai întâi, fiindcă este deopotrivă mai simplă şi extraordinar de precisă la scara accesibilă simțurilor omeneşti. De fapt, perspectiva clasică este cea care oferă o imagine aproximativă, deci imprecisă, a adevăratei realități cuantice.

Nu ştiu de ce realitatea e guvernată de legi cuantice. Nimeni nu ştie. Un secol de experimente a confirmat un munte de predicții cuantice, şi de aceea oamenii de ştiință acceptă teoria. Chiar şi aşa, pentru cei mai mulți dintre noi mecanica cuantică rămâne complet străină, deoarece caracteristicile sale distinctive se manifestă pe distanțe atât de mici, încât sunt imperceptibile în viața cotidiană. În caz contrar, intuiția comună ar fi modelată direct de procesele cuantice, iar fizica cuantică ar fi a doua noastră natură. Aşa cum implicațiile fizicii newtoniene sunt imprimate în ființa noastră – putem prinde rapid un pahar în cădere, intuindu-i instantaneu traiectoria newtoniană –, la fel ar fi imprimată şi fizica cuantică. Dar, în absența unei asemenea intuiții cuantice, ne bazăm pe experiment şi matematică pentru a ne modela cunoaşterea prin descrierea unor aspecte ale realității pe care nu le putem percepe direct.

Exemplul cel mai amplu discutat, pe care l-am menționat deja, se leagă de comportamentul particulelor, care ne învață să modificăm traiectoriile precis definite din fizica clasică luând în considerare fluctuațiile permanente rezultate din incertitudinea cuantică. Când o particulă se deplasează dintr-un loc într-altul, un fizician clasic i-ar desena traiectoria cu un condei ascuțit, pe când un fizician cuantic ar întinde cu degetul cerneala umedă, făcând ca parcursul să fie difuz.[5] Dar

relevanța mecanicii cuantice se extinde mult dincolo de mişcarea particulelor individuale, iar în privința cosmologiei, principiul de incertitudine cuantică are o influență decisivă asupra câmpului inflaton care alimentează expansiunea rapidă a spațiului. Deşi câmpul inflaton am spus că e uniform, luând aceeaşi valoare în toate locurile din porțiunea de spațiu supusă inflației, incertitudinea cuantică tulbură această imagine. Incertitudinea suprapune uniformității clasice fluctuațiile cuantice, cu rezultatul că valoarea câmpului şi deci energia sa sunt un pic mai mari aici, şi un pic mai mici acolo.

Când expansiunea inflaționară extinde cu repeziciune aceste minuscule variații cuantice ale energiei, ele se răspândesc în spațiu, făcând ca temperatura să fie puțin mai mare aici, şi puțin mai mică acolo. Nu cu mult. Analize matematice, efectuate de fizicieni pentru prima oară în anii 1980, au arătat că temperaturile punctelor calde şi reci diferă cu doar o parte la o sută de mii. Dar analizele matematice au sugerat totodată că aceste minuscule variații de temperatură sunt vizibile, dacă ştii cum să le cauți. Calculele au arătat că fluctuațiile cuantice astfel extinse produc un tipar distinct al variațiilor de temperatură în spațiu, o amprentă cosmologică disponibilă pentru investigația astronomică. Într-adevăr, de la începutul anilor 1990, telescoape amplasate deasupra distorsiunilor provocate de atmosfera terestră au confirmat cu tot mai mare precizie tiparul prezis al variațiilor de temperatură.

Să ne oprim un moment pentru a asimila toate acestea. Fizicienii descriu primele momente ale universului folosind ecuațiile lui Einstein, actualizate pentru a include ipoteticul câmp energetic al lui Guth, care umple spațiul şi este supus incertitudinii cuantice pe care am învățat-o de

la Heisenberg. Analizele matematice ale exploziei inflaționare dezvăluie apoi că ea trebuie să fi lăsat o amprentă de neşters, o relicvă a creației sub forma unui tipar specific de minuscule variații de temperatură pe întinsul cerului nocturn. Termometre spațiale sofisticate construite cu aproape 14 miliarde de ani mai târziu de o specie care tocmai a atins majoratul ştiințific aici, în Calea Lactee, au detectat exact acel tipar.

Este un succes spectaculos, demonstrând încă o dată strania capacitate a matematicii de a rezuma tiparele naturii. Am exagera însă dacă am conchide că observațiile dovedesc că s-a produs o explozie de expansiune inflaționară. Când studiem evenimente cosmologice petrecute cu miliarde de ani în urmă, la energii probabil de milioane de miliarde de ori mai mari decât cele accesibile în laborator, cel mai bun lucru pe care-l putem face e să combinăm observațiile şi calculele pentru a da credibilitate explicațiilor noastre. Dacă o explozie inflaționară ar fi singura cale pentru a înțelege datele cosmologice, atunci încrederea noastră s-ar apropia de certitudine, dar de-a lungul anilor oameni de ştiință inventivi au elaborat şi alte abordări (cu una dintre ele ne vom întâlni în capitolul 10). Acestea fiind spuse, cred, la fel ca mulți cercetători, că deşi trebuie să rămânem deschişi la ideile noi care contestă perspectivele dominante, dovezile în favoarea cosmologiei inflaționare acumulate în ultimii patruzeci de ani sunt formidabile.[6] Din acest motiv, în continuarea călătoriei noastre vom urma, în cea mai mare parte, pista inflaționară.

Să examinăm acum ce legătură există între un început inflaționar şi tendința legii a doua către creşterea dezordinii.

Big bang-ul şi legea a doua

În pofida a secole de progres ştiinţific, nu suntem mai aproape de un răspuns la întrebarea lui Gottfried Leibniz – „De ce există ceva mai degrabă decât nimic?“ – decât eram atunci când filozoful german a exprimat pentru prima oară această formulă sublimată a misterului existenței. N-au lipsit ideile ingenioase şi teoriile îndrăznețe, dar, punând o întrebare despre originea ultimă, căutăm un răspuns care să nu necesite un antecedent, care nu doar să mute întrebarea cu un pas înapoi, căutăm un răspuns care să nu declanşeze noi întrebări precum „De ce au decurs lucrurile în felul *acesta*, şi nu într-*acela*?“ sau „De ce *aceste* legi, şi nu *acelea*?“. Nici o explicație propusă până acum nu s-a apropiat măcar de răspuns.

Cadrul inflaționar cu siguranță nu a făcut-o. Inflația necesită o listă de ingrediente care include spațiul, timpul, combustibilul cosmic care alimentează expansiunea (câmpul inflaton), precum şi întregul aparat tehnic al mecanicii cuantice şi al relativității generale, care ele însele se bazează pe matematică, de la calculul diferențial cu mai multe variabile şi algebra liniară la geometria diferențială. Nu se cunoaşte nici un principiu care să distingă un anumit set de legi fizice, articulate folosind un anumit set de constructe matematice, ca punctul de pornire inevitabil pentru explicarea universului. În schimb, noi, fizicienii, folosim observația şi experimentul, împreună cu o sensibilitate matematică intuitivă greu de descris, pentru a ne călăuzi către anumite legi fizice. După care analizăm legile cu ajutorul matematicii pentru a determina care au fost, dacă au fost, condițiile de mediu în primele momente ale universului capabile

să declanşeze expansiunea rapidă a spațiului. Descoperind că, din fericire, există asemenea condiții, postulăm că ele au fost întrunite aproape de big bang şi folosim ecuațiile pentru a determina ce s-a întâmplat în continuare.

Asta e tot ce putem face în prezent. Şi nu e puțin. Faptul că putem folosi matematica pentru a descrie ce credem că s-a petrecut în urmă cu aproape 14 miliarde de ani, iar pe baza aceasta să prezicem cu succes ce trebuie să vadă acum nişte telescoape puternice este într-adevăr impresionant. Fără îndoială, abundă întrebările profunde, de pildă „Ce sau cine a creat spațiul şi timpul?“, „Ce sau cine a impus călăuza fermă a matematicii?“, „Ce sau cine e răspunzător pentru faptul că există ceva mai degrabă decât nimic?“; dar, în pofida acestor întrebări rămase fără răspuns, am progresat mult în cunoaşterea evoluției cosmice.

Intenția mea aici e să folosesc aceste cunoştințe pentru a înțelege în ce fel un univers cu entropie tot mai mare, destinat unei dezordini tot mai mari, creează din abundență ordine pe parcurs. Fixându-ne acest obiectiv, să pornim de la observația cea mai simplă, despre care am pomenit în capitolul anterior. Dacă entropia a crescut continuu de la big bang încoace, atunci la big bang entropia trebuie să fi fost mult mai mică decât în prezent.[7]

Ce să înțelegem de aici?

Probabil că v-ați obişnuit deja să ridicați din umeri atunci când întâlniți o configurație cu entropie înaltă – fie că e vorba de monede dispuse într-un amestec aleatoriu de aversuri şi reversuri, de aburul care umple uniform baia sau de mirosurile care se răspândesc în toată casa. Configurațiile cu entropie înaltă sunt previzibile, comune, banale. Dar, întâlnind o configurație cu entropie scăzută, vă dați

seama că reacția trebuie să fie diferită. O configurație cu entropie scăzută e ceva special. E neobişnuită. Pretinde o explicație despre felul în care s-a ajuns la starea aceasta ordonată.

Aplicat universului timpuriu, acest raționament a generat nu puține angoase ştiințifice şi filozofice. Prin ce forță sau proces a dobândit universul timpuriu o entropie scăzută? O sută de monede arătând toate avers sunt o configurație cu entropie scăzută, care admite totuşi o explicație imediată – în loc să arunce monedele pe masă, cineva le-a aranjat cu grijă. Dar ce sau cine a aranjat configurația cu entropie deosebit de scăzută a universului timpuriu? În absența unei teorii complete a originilor cosmice, ştiința nu poate oferi un răspuns. De fapt, deşi întrebarea aceasta m-a ținut treaz (literalmente) multe nopți, ştiința nu poate încă determina dacă măcar e o problemă legitimă. A nu înțelege de ce există ceva mai degrabă decât nimic echivalează cu a nu avea mijloacele pentru a aprecia cât de exotic sau de obişnuit este acel ceva. Ca să evaluăm dacă condițiile detaliate ale universului timpuriu merită o ridicare din umeri sau o privire mirată, trebuie mai întâi să descriem procesul prin care au fost stabilite acele condiții.

Unul dintre scenariile examinate de cosmologi presupune că universul timpuriu a fost un mediu frenetic şi haotic, iar ca urmare valoarea câmpului inflaton a fluctuat violent în spațiu, asemănător oarecum cu suprafața apei care fierbe. Pentru a genera gravitație repulsivă şi a declanşa explozia, avem nevoie de o mică regiune a spațiului în care valoarea câmpului inflaton să fi fost uniformă (sau aproape, ținând seama de agitația cuantică). Dar a găsi o asemenea regiune uniformă în mijlocul ondulațiilor haotice e ca şi cum am fierbe un cazan

cu apă şi am observa o regiune de pe suprafața sa agitată care brusc s-a aplatizat. Niciodată n-ați văzut aşa ceva. Nu fiindcă e imposibil, ci fiindcă e extraordinar de improbabil. Pentru ca o regiune de pe suprafața apei care clocoteşte aleatoriu într-un cazan să aibă aceeaşi înălțime în acelaşi moment, formând o configurație plată, ordonată şi uniformă, cu entropie scăzută, ar fi nevoie de o coincidență uluitoare. Similar, pentru ca în unduirea sa violentă câmpul inflaton să fi căpătat o valoare uniformă într-o mică regiune a spațiului, declanşând astfel expansiunea inflaționară, de asemenea ar fi fost nevoie de o coincidență uluitoare. Iar fără o explicație pentru felul în care s-a produs această configurație uniformă, specială, ordonată, cu entropie scăzută, fizicienii sunt profund neliniştiți.[8]

Încercând să scape de disconfort, unii cercetători se bazează pe o observație simplă: dacă aştepți suficient de mult, chiar şi lucrurile cele mai improbabile se vor întâmpla. Scutură o sută de monede de un număr suficient de ori, şi până la urmă toate vor fi avers. E recomandabil să nu vă țineți respirația în aşteptarea acestui rezultat, dar el se va produce. În mod asemănător, putem afirma că într-un mediu haotic în care valoarea câmpului inflaton fluctuează violent, mai devreme sau mai târziu, din pură întâmplare, va exista o minusculă regiune în care variațiile aleatorii care fac ca valoarea câmpului să crească aici sau să scadă acolo se vor alinia, rezultatul fiind un câmp cu aceeaşi valoare în orice punct. Aceasta presupune baftă statistică, rezultând o ordine mai mare, deci o entropie mai scăzută, dar din când în când *se va* întâmpla. Nu des. Dar, potrivit acestei perspective, nu vă faceți griji. Întrucât toate manevrele acestea au avut loc într-o perioadă a preistoriei, înainte de

expansiunea rapidă a spațiului pe care o numim big bang, nu era nimeni în preajmă care să aştepte, cu brațele încrucişate şi bătând nervos din picior, declanşarea expansiunii inflaționare. Să lăsăm aşadar ca prologul inflaționar să dureze atât timp cât e nevoie. Doar atunci când apare bafta statistică a unui petic de câmp inflaton uniform lucrurile în sfârşit se schimbă: se declanşează big bang-ul, are loc inflația spațiului şi începe spectacolul cosmologic.

Deşi nimic din toate acestea nu răspunde la întrebările fundamentale privind originea (a spațiului, a timpului, a câmpurilor, a matematicii etc.), ele arată cum un mediu haotic poate crea condițiile speciale, ordonate, cu entropie scăzută, necesare inflației. Atunci când o minusculă fărâmă de spațiu face în sfârşit improbabilul salt statistic către entropie scăzută, gravitația repulsivă intră imediat în acțiune şi-l propulsează într-un univers în expansiune rapidă – big bang-ul.

Aceasta nu e singura propunere privind felul în care s-a declanşat expansiunea inflaționară. Andrei Linde, unul dintre pionierii expansiunii inflaționare, a remarcat sarcastic că pentru fiecare trei cercetători există cel puțin nouă opinii asupra acestui subiect.[9] Trebuie aşadar să lăsăm în seama unor viitoare cercetări, teoretice şi observaționale, un răspuns mai clar la întrebarea cum a devenit o mică regiune a spațiului umplută uniform cu un câmp inflaton, declanşând astfel o explozie de expansiune spațială. Pentru moment, vom admite pur şi simplu că, într-un fel sau altul, universul timpuriu a făcut tranziția către configurația aceasta foarte ordonată, cu entropie scăzută, declanşând explozia şi permițându-ne să afirmăm că restul e istorie.

Din punctul acesta de pornire ne începem

călătoria, explorând felul în care se formează structuri ordonate precum stelele şi galaxiile într-un univers care se precipită spre un viitor tot mai dezordonat.

Originea materiei şi naşterea stelelor

La miliardime de miliardime de miliardime de secundă după big bang, gravitația repulsivă a făcut ca o regiune minusculă a spațiului să se extindă enorm, poate mult mai mult decât e accesibil celor mai perfecționate telescoape posibile.[10] Spațiul a rămas umplut cu câmpul inflaton, dar după o altă minusculă fracțiune de secundă lucrurile aveau din nou să se schimbe. La fel ca energia din suprafața unui balon de săpun care se dilată, energia conținută într-o regiune a spațiului plină cu inflaton şi aflată în expansiune e precară. E instabilă. Aşa cum balonul de săpun va sfârşi prin a pocni, transformându-şi energia într-o ceață de mici picături de apă cu săpun, în cele din urmă şi câmpul inflaton „a pocnit“ – s-a dezintegrat, transformându-şi energia într-o ceață de particule.

Nu cunoaştem exact identitatea acestor particule, dar putem afirma cu încredere că n-au fost constituenții obişnuiți ai materiei despre care ați învățat la şcoală. După doar câteva minute însă, o cascadă de reacții rapide între particule a avut loc pretutindeni în spațiu – particulele grele s-au dezintegrat în jeturi de particule mai uşoare; particulele cu afinități puternice s-au unit în conglomerate compacte – transformând baia primordială într-o populație de protoni, neutroni şi electroni, substanța materiei obişnuite (şi, probabil, o cantitate de alte particule mai exotice, cum ar fi materia întunecată, atestate de o lungă istorie de

observații astronomice[11]). La scurt timp după big bang, universul era aşadar plin cu o ceață fierbinte şi aproape uniformă de particule, unele cunoscute, altele mai puțin, plutind într-o întindere spațială în expansiune.

Am nuanțat „uniform“ cu „aproape“, deoarece fluctuațiile cuantice ale câmpului inflaton nu doar că produc variații de temperatură în luminozitatea remanentă a big bang-ului, dar garantează de asemenea că, atunci când inflatonul se dezintegrează, densitatea particulelor rezultante variază uşor în spațiu – fiind puțin mai mare aici, puțin mai mică acolo şi aşa mai departe. Aceste variații sunt esențiale pentru ce se întâmplă în continuare: tendința de maximă importanță către formarea unor acumulări de materie precum stelele şi galaxiile. O regiune ceva mai densă decât cele învecinate exercită o atracție gravitațională ceva mai mare, şi în consecință absoarbe un contingent mai mare din particulele înconjurătoare. Regiunea devine astfel şi mai densă, aşa încât exercită o atracție gravitațională şi mai mare, absorbind încă şi mai multă materie. Este un efect al bulgărelui de zăpadă sub acțiunea gravitației care produce acumulări de materie tot mai mari. Într-un timp suficient de lung, de ordinul a sute de milioane de ani, bulgărele de zăpadă gravitațional va produce acumulări de particule atât de masive, atât de comprimate şi atât de fierbinți, încât sunt amorsate procese nucleare, dând naştere stelelor. Incertitudinea cuantică, amplificată de expansiunea inflaționară şi concentrată prin efectul bulgărelui de zăpadă gravitațional, are ca rezultat punctele luminoase presărate pe cerul nopții.

Întrebarea, aşadar, este: cum se împacă procesul de formare a stelelor, în care gravitația obligă o baie

dezordonată şi aproape uniformă de particule să formeze structuri astrofizice ordonate, cu decretul legii a doua privind creşterea dezordinii? Pentru a răspunde, trebuie să examinăm ceva mai atent căile care duc la creşterea entropiei.

Obstacole pe drumul spre dezordine

În timp ce pâinea se coace în cuptor, particulele eliberate se răspândesc, ocupând un volum tot mai mare, astfel încât entropia lor creşte. Dar, dacă te afli într-o cameră mai îndepărtată, nu vei savura imediat aroma pâinii proaspete. E nevoie de timp ca mirosul să se răspândească în toată casa. Trebuie să aştepți ca moleculele aromei să migreze şi să ocupe aranjamentele cu entropia cea mai înaltă disponibile. În general, sistemele fizice nu sar direct în configurația cu entropie maximă. În schimb, în timp ce particulele sistemului rătăcesc la întâmplare, entropia creşte treptat către valoarea maximă posibilă.

Pe calea către o entropie mai înaltă pot exista şi obstacole care împiedică progresul. Etanşați cuptorul sau închideți uşa de la bucătărie, şi aromei îi va fi mai greu să se răspândească, încetinind astfel creşterea entropiei. Asemenea obstacole se datorează intervenției umane, dar există şi situații în care obstacolele entropice apar chiar din legile care guvernează interacțiunile fizice. Un exemplu care-mi este bine-cunoscut din cauza unui accident din copilărie implică de asemenea un cuptor.

Într-o zi, pe când eram în clasa a patra, m-am întors de la şcoală şi am vrut să încălzesc o bucată de pizza rămasă pe care am găsit-o în frigider. Am reglat cuptorul la două sute de grade, am strecurat pizza pe grătarul din mijloc şi am aşteptat. După

vreo zece minute am verificat progresul, şi spre surprinderea mea pizza era la fel de rece ca atunci când am despachetat-o. Mi-a trecut atunci prin minte că, deşi pornisem gazul, uitasem să-l şi aprind. Urmând o procedură pe care-o văzusem la părinții mei de sute de ori, m-am aplecat asupra cuptorului şi am aprins un chibrit, cu intenția să-l vâr în micul orificiu. Între timp însă, în cuptor se acumulase o cantitate mare de gaz, care a explodat atunci când am aprins chibritul. Un zid de foc s-a năpustit asupra mea. Am închis ochii, dar flacăra mi-a pârlit genele, sprâncenele, lăsându-mi pe față şi urechi arsuri de gradul al doilea şi al treilea. Această lecție nemijlocită de viață, subliniată de părinții mei şi consolidată de lunile de vindecare dureroasă, s-a concentrat pe utilizarea adecvată a instalațiilor din bucătărie. (Până la urmă am redevenit stăpân pe situație, şi acum eu gătesc de cele mai multe ori – deşi mă încearcă o uşoară nelinişte atunci când copiii mei, pregătindu-şi singuri mâncarea, aprind cuptorul.) Dar semnificația ştiințifică mai largă este că pot exista piedici în călătoria spre o entropie mai înaltă ce pot fi depăşite doar cu ajutorul unui catalizator. Iată la ce mă refer.

Gazul natural (format mai ales din metan, un compus al carbonului cu hidrogenul) poate coexista paşnic cu oxigenul din aer; moleculele gazelor se pot amesteca între ele fără incidente. Totuşi, pe măsură ce moleculele se răspândesc şi se amestecă, o configurație distinctă şi cu entropie mult mai înaltă se profilează la orizont. Dar acea configurație nu poate fi atinsă permițând pur şi simplu moleculelor să se risipească în continuare. Configurația cu entropie mai înaltă necesită o reacție chimică. Nu vă bateți capul cu amănuntele, îngăduiți-mi doar o explicație succintă. O moleculă

de gaz natural se poate combina cu două molecule de oxigen, rezultând o moleculă de dioxid de carbon, două de apă şi, cel mai important, o cantitate de energie. La nivelul moleculelor, asta se înțelege prin arderea gazului natural. Reacția chimică eliberează energia înmagazinată în legăturile strânse care mențin integritatea moleculelor de gaz, cam ce se întâmplă atunci când se rup nişte benzi de elastic întinse. În pozna mea cu cuptorul, explozia de energie mistuitoare – molecule foarte agitate şi în deplasare rapidă – mi-a pârlit fața. Toate acestea ne spun că, prin eliberarea energiei depozitate în legături chimice ordonate şi transformarea ei în mişcarea rapidă şi haotică a unor molecule, asemenea reacții chimice produc o creştere bruscă a entropiei.

Deşi amănuntele sunt specifice pățaniei regretabile a unui copil, episodul demonstrează un principiu fizic cu aplicabilitate largă. Pe drumul entropic pot exista reductoare de viteză: lăsate în voia lor, gazul natural şi oxigenul nu se vor combina, ele nu vor arde şi nu vor atinge configurația cu cea mai mare entropie disponibilă. Aceşti constituenți chimici pot înlătura obstacolul entropic numai cu ajutorul unui catalizator capabil să inițieze reacția. Pentru mine, catalizatorul a fost un chibrit aprins. Mica flacără aprinsă de eul meu din clasa a patra a declanşat un efect de domino. Energia flăcării a rupt legăturile unora dintre moleculele de gaz natural, permițând atomilor de carbon şi hidrogen astfel eliberați să se combine cu atomi de oxigen din mediu, ceea ce a eliberat o cantitate suplimentară de energie, care a dezagregat alte molecule de gaz natural, ducând procesul mai departe. Şi mai departe. Explozia a fost cascada de energie generată prin rearanjarea rapidă a legăturilor

chimice.

De remarcat că legăturile chimice se bazează pe forța electromagnetică. Protonii cu sarcină pozitivă atrag electronii cu sarcină negativă („sarcinile electrice de semn opus se atrag“), prinzând atomii constituenți în copcile legăturilor moleculare. Ceea ce înseamnă că saltul entropic, de la amestecul paşnic al moleculelor de gaz la combustia explozivă generată de ruperea şi formarea de legături chimice, e determinat de forța electromagnetică. Acesta e cazul multora dintre procesele de creştere a entropiei pe care le observăm în viața de zi cu zi.

Deşi mai puțin familiar aici, pe Pământ, în episoade care se desfăşoară în mod repetat în cosmos, evoluția către o entropie mai înaltă e frecvent determinată de celelalte forțe ale naturii: forța gravitațională şi forțele nucleare (forța nucleară tare menține coeziunea nucleelor atomice, în vreme ce forța nucleară slabă generează dezintegrarea radioactivă). Şi, foarte asemănător cu ce am văzut în cazul forței electromagnetice, nici calea către o entropie mai înaltă marcată de gravitație şi forțele nucleare nu e neapărat netedă. Pot fi obstacole, şi adesea sunt. Felul în care universul depăşeşte aceste obstacole – analogul cosmic al chibritului aprins de mine – e o problemă subtilă, dar trebuie să ne preocupe pe toți în cel mai înalt grad. Printre structurile tranzitorii care se formează în timp ce gravitația şi forțele nucleare conduc universul către o entropie mai înaltă se numără stelele şi planetele, iar aici, pe Pământ, viața. Cu toată măreția lor, aceste aranjamente ordonate sunt motoarele naturii, utilizând gravitația şi forțele nucleare pentru a propulsa cosmosul spre realizarea potențialului său entropic.

Să ne ocupăm mai întâi de gravitație.

Gravitaţie, ordine şi legea a doua

Gravitația este cea mai slabă dintre forțele naturii, fapt pus în evidență printr-o demonstrație simplă. Luați o monedă. Muşchii din brațul vostru învinș atracția gravitațională a întregului Pământ. Indiferent dacă vă considerați musculos sau nu, victoria asupra atracției gravitaționale a planetei evidențiază slăbiciunea intrinsecă a gravitației. Singurul motiv pentru care suntem conştienți de gravitație e caracterul ei de forță cumulativă: fiecare părticică a Pământului atrage fiecare părticică a unei monede, fiecare părticică a acestei cărți, fiecare părticică din voi, iar cum Pământul e foarte masiv, aceste atracții se însumează în forțele îndreptate în jos pe care le simțim. Dar atracția gravitațională între două obiecte mai mici, de exemplu doi electroni, este de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai slabă decât forța lor de respingere electromagnetică.

Slăbiciunea intrinsecă a gravitației este motivul pentru care nici măcar nu am menționat-o în anterioara noastră explorare a entropiei. Dacă am include efectele gravitației în situații cotidiene precum răspândirea aburului în baie sau a mirosurilor în casă, discuția despre entropie practic nu s-ar modifica. Sigur, gravitația trage uşor în jos moleculele, făcând ca densitatea aburului să fie puțin mai mare aproape de podeaua băii, dar efectul e atât de mic, încât pentru o înțelegere calitativă nu contează. Totuşi, dacă ne mutăm atenția de la cotidian şi luăm în considerare procese astronomice implicând considerabil mai multă materie, descoperim o interacțiune extrem de importantă între entropie şi forța gravitațională.

Recunosc că ideile pe care le voi explica acum

sunt destul de dificile, aşa că pentru un rezumat puteți sări la secțiunea următoare imediat ce discuția devine prea sofisticată pentru gustul vostru. Dar dacă mă însoțiți, recompensa merită efortul: înțelegerea felului cum gravitația sculptează în mod spontan ordine dintr-un cosmos tot mai dezordonat.

Imaginați-vă o versiune cosmică a scenariului cu coacerea pâinii. În locul casei voastre, imaginați-vă o cutie enormă, mult mai mare decât Soarele, plutind într-un spațiu altminteri gol. Iar în locul aromelor care se strecoară din cuptor, imaginați-vă că în mijlocul cutiei pornim cu o sferă de gaz (pentru precizie, imaginați-vă că e hidrogen, cel mai simplu element din tabelul periodic), ale cărui molecule se scurg spre exterior. Din experiența cu aroma pâinii care se împrăştie în toată casa, ne aşteptăm ca gazul să evolueze spre o entropie mai înaltă, moleculele dispersându-se până când umplu uniform cutia. Dar acum să schimbăm puțin lucrurile. Spre deosebire de exemplul cu coacerea pâinii, să adăugăm atât de multe molecule în sfera de gaz, încât gravitația *să conteze*: atracția gravitațională pe care o simte fiecare moleculă, datorită atracției combinate, exercitată de numărul colosal al tuturor celorlalte molecule de gaz, îi influențează semnificativ mişcarea. Cum ne modifică acest lucru concluzia?

Ei bine, puneți-vă în locul unei molecule de gaz aflate în fruntea migrației spre exterior. Pe măsură ce vă îndepărtați de roiul central, simțiți cum atracția gravitațională exercitată de toate celelalte molecule vă trage înapoi. Forța aceea vă încetineşte. Viteză mai mică înseamnă temperatură mai scăzută. Prin urmare, pe măsură ce norul de gaz îşi măreşte volumul total extinzându-se, temperatura scade către frontieră. Rețineți acest lucru, iar acum să sărim

împreună la perspectiva unei molecule din apropierea masei centrale a norului. Fiind mai aproape, simțiți o atracție gravitațională mult mai puternică în comparație cu precedenta experiență pe o frontieră îndepărtată. De fapt, dacă numărul moleculelor e suficient de mare, atracția gravitațională combinată va fi suficient de puternică pentru a vă împiedica să vă deplasați spre exterior. În schimb, veți fi atraşi spre interior. Veți cădea spre centrul norului de gaz, acumulând viteză pe parcurs. Viteză mai mare înseamnă temperatură mai mare, aşa încât, pe măsură ce gravitația face ca nucleul norului de gaz să se comprime, reducându-şi volumul, temperatura lui va creşte.

În comparație cu ce ne aşteptăm când coacem pâine – ca, în timp, gazul să se distribuie uniform în cutie şi să atingă o temperatură uniformă –, vedem că atunci când gravitația contează, lucrurile decurg complet diferit. Datorită gravitației, unele molecule sunt atrase într-un nucleu mai dens şi mai fierbinte, pe când altele migrează spre exterior, în stratul înconjurător mai rece şi mai difuz.

Oricât de modeste ar putea să pară aceste observații, am descoperit una dintre cele mai influente mâini călăuzitoare ale ordinii în univers. Să explic.

Nu vi s-a întâmplat niciodată să luați ceaşca cu cafeaua de dimineață şi să constatați că e mai fierbinte decât atunci când ați turnat-o. Aceasta deoarece căldura se scurge numai de la temperatură mai înaltă la temperatură mai scăzută, astfel încât cafeaua fierbinte îşi transferă o parte din căldură mediului mai rece, reducându-şi temperatura.[12] Pentru norul mare de gaz, căldura curge de asemenea de la nucleul central fierbinte la stratul înconjurător mai rece. Nu vă pot reproşa dacă

credeți că fluxul acesta de căldură va răci nucleul şi va încălzi stratul exterior, apropiindu-le temperaturile, la fel cum căldura transferată de cafea aerului apropie temperatura ceştii fierbinți de cea a camerei. Dar – fapt remarcabil şi deosebit de important – atunci când gravitația regizează spectacolul, concluzia e inversată. *Când căldura se scurge din nucleu, nucleul se încălzeşte, iar stratul exterior se răceşte*.

Fără îndoială că aceasta contravine intuiției, dar pentru a înțelege trebuie doar să unim punctele pe care deja le-am marcat. Pe măsură ce stratul înconjurător absoarbe căldură din nucleu, energia suplimentară face ca norul să se dilate şi mai mult. Din nou, moleculele care se deplasează spre exterior sunt frânate de atracția gravitațională spre interior, şi deci sunt încetinite şi mai mult.[13] Efectul net este că temperatura stratului în expansiune scade, nu creşte. Invers, pe măsură ce nucleul pierde căldură, diminuarea energiei face ca el să se contracte şi mai mult. Moleculele care se deplasează spre interior, mişcându-se în aceeaşi direcție ca atracția gravitațională, îşi măresc viteza în timp ce cad, astfel încât temperatura nucleului care se contractă creşte, nu scade.

Dacă şi cafeaua s-ar comporta la fel, ar fi recomandabil s-o beți repede. Cu cât ați aştepta mai mult, cu atât ar ceda mai multă căldură aerului înconjurător şi s-ar înfierbânta mai tare. În cazul cafelei, asta e absurd. Dar, în cazul unui nor de gaz suficient de mare încât gravitația să joace un rol dominant, tocmai asta se întâmplă.

Reflectați un moment asupra acestei concluzii şi veți înțelege că ne aflăm în fața unui proces de autoamplificare, foarte asemănător cu ce se întâmplă în cazul unui credit – cu cât datorezi mai mult, cu

atât dobânda creşte, şi datoria ta devine mai mare, ducând la un ciclu în spirală. În cazul unui nor de gaz, pe măsură ce nucleul se contractă, iar temperatura lui creşte, el va ceda şi mai multă căldură mediului înconjurător mai rece, făcând ca nucleul să se contracte şi mai mult, iar temperatura lui să crească şi mai mult. Concomitent, căldura absorbită de stratul exterior face ca el să se dilate şi mai mult, iar temperatura lui să scadă şi mai mult. Diferența tot mai mare de temperatură între nucleu şi stratul exterior determină o curgere şi mai viguroasă a căldurii şi perpetuează ciclul în spirală.

În lipsa unei intervenții sau a modificării condițiilor, un asemenea ciclu de autoamplificare continuă neabătut. În cazul unei datorii în creştere, intervenția constă în a plăti sau a declara faliment. În cazul nucleului comprimat care devine tot mai fierbinte, natura intervine cu un nou proces fizic: *fuziunea nucleară*. Când un ansamblu de atomi devine suficient de fierbinte şi de dens, ei se ciocnesc cu asemenea forță, încât se contopesc la un nivel mai profund decât în procesele chimice precum arderea gazului natural. În vreme ce arderea chimică este o reacție implicând electronii care învăluie atomii, fuziunea nucleară este o reacție care uneşte nucleele din centrul atomilor. Printr-o asemenea contopire profundă, fuziunea nucleară generează cantități mari de energie manifestate sub forma unor particule în mişcare rapidă. O asemenea mişcare termică rapidă este cea care generează o presiune spre exterior capabilă să echilibreze forța îndreptată spre interior a gravitației. Prin urmare, fuziunea nucleară din centrul norului de gaz stăvileşte contracția. Rezultatul e o sursă concentrată, stabilă şi neîntreruptă de căldură şi lumină.

S-a născut o stea.

Pentru a evalua cum punctează procesul de formare pe tabela de marcaj a entropiei, să însumăm contribuțiile. Atât nucleul norului de gaz, care devine steaua, cât şi stratul de gaz care-l înconjoară sunt supuse la două efecte entropice concurente. În cazul nucleului, temperatura creşte, ceea ce măreşte entropia, iar volumul scade, ceea ce reduce entropia. Numai calcule detaliate[14] pot stabili învingătorul, rezultatul fiind că scăderea depăşeşte creşterea, aşa încât entropia netă a nucleului scade. Formarea unor acumulări gravitaționale mari, precum stelele, este într-adevăr un pas către o ordine mai mare. În cazul stratului exterior, volumul creşte, ceea ce măreşte entropia, iar temperatura scade, ceea ce reduce entropia. Din nou, sunt necesare calcule detaliate pentru stabilirea câştigătorului, rezultatul fiind că creşterea depăşeşte scăderea, astfel încât entropia netă a stratului exterior creşte. La fel de important, calculele stabilesc că creşterea entropiei stratului exterior depăşeşte scăderea entropiei nucleului, asigurând astfel ca rezultatul întregului proces să fie o creştere globală a entropiei, şi obținând o binemeritată încuviințare din partea legii a doua.

Succesiunea evenimentelor, fără îndoială mult idealizate şi simplificate, arată cum o stea – un pachet de entropie joasă, un pachet de ordine – poate fi produsă spontan, deşi nici un inginer nu-i dirijează acțiunea, şi deşi legea a doua a termodinamicii, care dictează creşterea entropiei totale, rămâne pe deplin valabilă. În comparație cu un motor cu aburi, instalația cosmică e mai exotică, dar ceea ce am găsit e doar un alt exemplu al pasului în doi entropic. La fel cum un motor cu aburi şi mediul său înconjurător se angajează într-un dans termodinamic – motorul eliberează căldură

reziduală, reducându-şi entropia, în timp ce mediul absoarbe căldura, mărindu-şi entropia –, un nor de gaz suficient de mare încât gravitația să conteze se angajează într-un *pas de deux* analog. Pe măsură ce nucleul unui asemenea nor de gaz se contractă sub atracția gravitației, entropia lui scade, dar în decursul procesului el eliberează căldură, care face ca entropia mediului înconjurător să crească. O regiune locală de ordine este creată într-un mediu care suferă o creştere mai mult decât compensatoare a dezordinii.

Noua trăsătură a versiunii gravitaționale a pasului în doi entropic este faptul că acesta se autoîntreține. Pe măsură ce norul de gaz se contractă şi emite căldură, temperatura lui creşte, făcând ca şi mai multă căldură să curgă spre exterior şi permițând ca dansul să continue. Dimpotrivă, atunci când motorul cu aburi efectuează lucru mecanic şi emite căldură, temperatura lui scade. Dacă nu continuăm să ardem combustibil pentru a reîncălzi aburul, motorul se opreşte. De aceea, motorul cu aburi necesită o inteligență abilă care să-l proiecteze, să-l construiască şi să-l alimenteze, pe când regiunea de ordine creată prin contracția unui nor de gaz – o stea – e sculptată şi alimentată de forța oarbă a gravitației.

Fuziune, ordine şi legea a doua

Să facem bilanțul.

Când influența gravitației e minimă, legea a doua conduce sistemul către omogenitate. Lucrurile se împrăştie, energia se răspândeşte, entropia creşte. Dacă asta ar fi tot, povestea universului, de la început până la sfârşit, ar fi anostă. Dar, atunci când există suficientă materie pentru ca influența

gravitației să fie semnificativă, legea a doua face o schimbare rapidă de direcție şi îndepărtează sistemul de la omogenitate. Materia se agregă aici şi se împrăştie acolo. Energia se concentrează aici şi se răspândeşte acolo. Entropia scade aici şi creşte acolo. Felul în care directiva legii a doua e dusă la îndeplinire depinde aşadar critic de forța gravitațională. Acolo unde e destulă gravitație – destulă materie suficient de concentrată – se pot forma structuri ordonate. Cu acestea, povestea evoluției universului devine mult mai bogată.

După cum am arătat, rolul principal în acest proces e jucat de forța gravitației. Prin comparație, forța nucleară tare, responsabilă pentru fuziune, pare categoric secundară. Sarcina ei pare limitată la o intervenție: rezultatul fuziunii este presiunea spre exterior care stăvileşte colapsul provocat de gravitație. Într-adevăr, oamenii de ştiință se rezumă adesea la a spune că gravitația e sursa ultimă a tuturor structurilor din cosmos, refuzând să acorde vreun rol forței nucleare. Dar o evaluare mai generoasă afirmă că există un parteneriat echitabil între gravitație şi forța nucleară, care lucrează în tandem pentru a continua narațiunea legii a doua.

Aspectul important este că şi forța nucleară dansează pasul în doi entropic. Atunci când nucleele atomice fuzionează – precum în Soare, unde în fiecare secundă miliarde şi miliarde de nuclee de hidrogen fuzionează în heliu –, rezultatul este o aglomerare de atomi mai complexă, cu o organizare mai complicată şi o entropie mai scăzută. În decursul procesului, o parte din masa nucleelor inițiale e convertită în energie (conform formulei $E = mc^2$), cea mai mare parte sub forma unei jerbe de fotoni care încălzeşte interiorul stelei şi alimentează emisia de lumină de la suprafața sa. Prin intermediul

acestei lumini stelare arzătoare, ea însăşi un torent de fotoni care se revarsă spre exterior, steaua transferă cantități uriaşe de entropie mediului înconjurător. Într-adevăr, la fel ca în cazul motorului cu aburi sau al norului de gaz care se contractă, creşterea entropiei mediului compensează din plin scăderea entropiei datorată fuziunii nucleelor, asigurând că entropia netă creşte, şi legea a doua nu e încălcată nici de data asta.

La fel cum gazul natural şi oxigenul au nevoie de un catalizator (de pildă, chibritul aprins de mine) pentru a iniția arderea chimică nucleele atomice au nevoie de un catalizator care să declanşeze fuziunea nucleară. În cazul stelelor, acel catalizator nu este altul decât forța gravitației, care comprimă materia din zona centrală până când aceasta devine suficient de fierbinte şi de densă pentru amorsarea fuziunii. Odată ce fuziunea începe, ea poate alimenta o stea timp de miliarde de ani, sintetizând fără încetare nuclee atomice complexe, în timp ce extrage un depozit de entropie altminteri inaccesibil pe care-o răspândeşte în exterior prin căldură şi lumină. Iar aşa cum vom discuta în capitolul următor, aceşti produşi – atomi complecşi şi un flux continuu de lumină – sunt esențiali pentru formarea unor structuri încă şi mai bogate şi mai complicate, inclusiv noi înşine. Astfel, deşi gravitația este forța vitală în formarea unei stele şi în menținerea unui mediu stelar stabil, timp de miliarde de ani forța nucleară este cea care luptă în prima linie, conducând atacul entropic. Din această perspectivă, rolul gravitației se schimbă de la protagonist principal la partener indispensabil într-un lung duet.

Concluzia, antropomorfizată, este că universul utilizează în mod ingenios forțele gravitațională şi nucleară pentru a pune stăpânire pe un depozit de

entropie neatins, zăvorât în propriii săi constituenți materiali. În absența gravitației, particule uniform dispersate, precum aroma care umple o casă, ating starea cu cea mai înaltă entropie disponibilă. Dar, în prezența gravitației, particulele care sunt comprimate în sfere masive şi dense susținute de fuziunea nucleară fac ca entropia să crească şi mai mult.

Catalizată de gravitație şi executată de forța nucleară, această versiune a pasului în doi entropic e dansată de materie în întregul univers. Este un proces care a dominat coregrafia cosmică din primele momente de după big bang şi a produs un număr enorm de stele – structuri astronomice ordonate a căror căldură şi lumină, în cel puțin un caz, a permis apariția vieții. Această desfăşurare, aşa cum vom vedea în capitolul următor, implică un omolog al entropiei – evoluția – capabil să modeleze cele mai complexe şi desăvârşite structuri din univers.

4. INFORMAȚIE ŞI VITALITATE

De la structură la viață

„Dragă profesore Schrödinger“, aşa începea modesta scrisoare din 1953 a biologului Francis Crick adresată lui Erwin Schrödinger, unul din părinții fondatori ai mecanicii cuantice, laureatul Nobel pentru fizică pe 1933. „Watson şi cu mine discutam odată cum am ajuns să intrăm în domeniul biologiei moleculare, şi am descoperit că pe amândoi ne-a influențat mica dumneavoastră carte *Ce este viața?*.“ Crick se referea la cartea lui Schrödinger cu o exaltare abia stăpânită: „Ne-am gândit că poate v-ar interesa articolele anexate – veți vedea că termenul dumneavoastră «cristal aperiodic» se pare că va fi foarte potrivit.“[1]

Acel Watson la care se referă Crick este, desigur, James Watson, coautor împreună cu Crick al „articolelor anexate“, care, abia ieşite de sub tipar, includeau o lucrare ştiințifică destinată a fi printre cele mai faimoase din secolul XX. În formă publicată, manuscrisul acesta ocupă mai puțin decât o pagină de revistă, dar s-a dovedit suficient pentru a expune geometria de spirală dublă a ADN-ului şi a le aduce lui Crick şi Watson, împreună cu Maurice Wilkins de la King’s College, Premiul Nobel pe 1962.[2] Fapt remarcabil, şi Wilkins a atribuit cărții lui Schrödinger meritul de a-i fi aprins pasiunea pentru a determina baza moleculară a eredității; „Ea m-a pus în mişcare“, spunea Wilkins.[3]

Schrödinger a scris *Ce este viața?* în 1944, pe baza unei serii de conferințe publice ținute în anul

precedent la Institutul pentru Studii Avansate din Dublin. Anunțându-şi conferințele, Schrödinger a avertizat că subiectul era dificil, iar „prelegerile nu puteau fi considerate de popularizare“, un angajament lăudabil de explorare aprofundată a subiectului, fie şi cu riscul unei audiențe scăzute.[4] Cu toate acestea, în trei vineri consecutive din februarie 1943, în timp ce pe continent Al Doilea Război Mondial bântuia cu furie, peste patru sute de persoane – între care prim-ministrul irlandez, diverşi demnitari şi bogătaşi din înalta societate – au umplut până la refuz o sală de conferințe situată la ultimul etaj al clădirii din piatră cenuşie Fitzgerald Building, în campusul de la Trinity College, pentru a-l asculta pe fizicianul născut la Viena luptându-se cu ştiințele vieții.[5]

Sarcina asumată de Schrödinger era să se apropie de răspunsul la o întrebare fundamentală: „Cum pot explica fizica şi chimia evenimente *în spațiu şi timp* care au loc în limitele spațiale ale unui organism viu?“ Sau, într-o parafrază liberă: iepurii se deosebesc de pietre. Dar cum? Şi de ce? Fiecare e un ansamblu enorm de protoni, neutroni şi electroni, iar toate aceste particule – indiferent că sunt conținute într-o piatră sau un iepure – sunt guvernate de aceleaşi legi ale fizicii. Prin urmare, ce anume din ce se petrece în corpul unui iepure face ca ansamblul său de particule să se deosebească atât de profund de ansamblul de particule care alcătuiesc o piatră?

Este genul de întrebare pe care ar pune-o un fizician. De cele mai multe ori, fizicienii sunt reducționişti, şi ca atare au tendința să caute explicații ale fenomenelor complexe care să se bazeze pe proprietățile şi interacțiunile constituenților mai simpli. În vreme ce biologii

definesc adesea viața prin activitățile sale esențiale – viața absoarbe materie primă pentru alimentarea funcțiilor prin care se întreține, elimină deşeurile generate de acest proces şi, în situațiile cele mai favorabile, se reproduce –, Schrödinger a căutat un răspuns la întrebarea „Ce este viața?“ care să se inspire din fundamentele fizice ale vieții.

Seducția reducționismului e puternică. Dacă am putea să identificăm ce însufleţeşte un ansamblu de particule, ce magie moleculară aprinde focul vieții, am face un pas semnificativ către înțelegerea originilor vieții şi a eventualei sale răspândiri în cosmos. Cu peste o jumătate de secol mai târziu, în pofida marilor progrese în fizică şi, mai ales, în biologia moleculară, încă mai căutăm un răspuns la versiuni ale întrebării lui Schrödinger. Deşi s-a avansat mult în descompunerea vieții (şi a materiei în general) în părțile sale constitutive, cercetătorii încă se confruntă cu sarcina formidabilă de a explica limpede cum apare viața atunci când ansambluri din aceşti constituenți sunt aranjate în anumite configurații. O asemenea sinteză este o componentă esențială a programului reducționist. La urma urmei, cu cât examinezi mai în detaliu ceva viu, cu atât mai greu îți dai seama că trăieşte. Concentrați-vă asupra unei singure molecule de apă, a unui atom de hidrogen sau a unui electron individual, şi veți constata că nici unul nu poartă vreun indiciu că e constituentul a ceva viu sau mort, a ceva însuflețit sau neînsuflețit. Viața se recunoaşte după comportamentul colectiv, organizarea la scară mare, coordonarea atotcuprinzătoare a unui număr enorm de particule constituente – chiar şi o singură celulă conține mai mult de un bilion de atomi. A încerca să înțelegi viața concentrându-te asupra particulelor fundamentale e ca şi cum ai percepe o simfonie de

Beethoven instrument cu instrument, notă cu notă.

Schrödinger însuşi a pus accent în prima sa conferință pe o versiune a acestei probleme. Dacă un corp sau un creier ar putea fi influențate de mişcarea întâmplătoare a unui atom sau a unui număr mic de atomi, perspectivele de supraviețuire ale acelui corp sau creier ar fi sumbre. Pentru a evita o asemenea sensibilitate, a subliniat Schrödinger, corpurile şi creierele sunt alcătuite din ansambluri mari de atomi care-şi pot menține funcționarea globală extrem de coordonată, chiar dacă atomii individuali se agită aleatoriu. Prin urmare, scopul lui Schrödinger nu a fost să dezvăluie prezența vieții într-un singur atom, ci, bazându-se pe cunoştințele despre atomi, să construiască explicația unui fizician despre modul în care un ansamblu mare de atomi se poate organiza în ceva viu. În concepția lui, aceasta era o căutare vastă care probabil va impune ca ştiința să-şi lărgească baza de structuri conceptuale. Într-adevăr, într-un epilog la *Ce este viața?* referitor la conştiință, Schrödinger i-a surprins pe unii (şi l-a pierdut pe primul său editor) atunci când a invocat Upanişadele hinduse pentru a sugera că suntem cu toții parte a unui „sine etern, omniprezent şi atoatecunoscător“, iar liberul-arbitru pe care-l exercităm cu toții reflectă puterile noastre divine.[6]

Deşi opinia mea despre liberul-arbitru se deosebeşte de cea a lui Schrödinger (aşa cum vom vedea în capitolul 5), împărtăşesc afinitatea lui pentru un orizont explicativ mai larg. Misterele profunde se cer clarificate printr-un set de poveşti ierarhizate. Indiferent că sunt reducționiste sau emergente, matematice sau figurative, ştiințifice sau poetice, cunoştințele cele mai bogate le acumulăm abordând problemele dintr-o gamă largă de perspective.

Poveşti ierarhizate

În ultimele câteva secole, fizica şi-a rafinat propria colecție de poveşti ierarhizate, organizate în funcție de distanța pe care fiecare dintre ele este relevantă. Ea are un rol central în abordarea pe care noi, fizicienii, ne străduim s-o inculcăm studenților noştri. Pentru a înțelege cum o minge de baseball deformată momentan de lovitura fulgerătoare a bâtei lui Mike Trout[9] revine la forma sferică, trebuie să analizăm structura moleculară a mingii. La nivelul acesta, nenumărate forțe microfizice acționează împotriva deformării şi lansează mingea pe traiectorie. Volumul de date necesare pentru a urmări mişcarea a bilioane de bilioane de molecule în timp ce mingea se roteşte şi zboară peste gardul terenului din stânga ar fi absolut incomprehensibil. Când e vorba de traiectorie, trebuie să ne ridicăm deasupra hățişului molecular şi să examinăm mişcarea mingii ca un întreg. Trebuie să spunem o poveste înrudită, dar distinctă, situată la un nivel mai înalt.

Exemplul ilustrează o idee simplă, dar foarte relevantă: întrebările pe care le punem determină poveştile care oferă răspunsurile cele mai utile. Este o structură narativă care valorifică una dintre calitățile cele mai fortuite ale naturii. La orice scară universul e coerent. Newton nu ştia nimic despre cuarci şi electroni, dar dacă-i precizai viteza şi direcția unei mingi de baseball aşa cum a fost lansată de bâta lui Mike Trout, el i-ar fi calculat traiectoria chiar şi în somn. Datorită progreselor fizicii de la Newton încoace, am putut sonda straturi mai fine ale structurii, iar asta a adăugat mult la cunoaşterea noastră. Dar descrierea fiecărui pas are propriul său înțeles. În caz contrar – dacă, de

exemplu, înțelegerea mişcării unei mingi de baseball ar necesita înțelegerea comportamentului cuantic al particulelor sale – e greu de văzut cum am fi progresat vreodată. Divide şi cucereşte a fost mult timp deviza fizicii, o strategie care a dus la triumfuri grandioase.

O sarcină la fel de importantă e sinteza poveştilor individuale într-o narațiune fără discontinuități. Pentru fizica particulelor şi a câmpurilor, o asemenea sinteză a fost adusă la forma ei cea mai rafinată de Ken Wilson, care a obținut astfel Premiul Nobel pe 1982.[7] Wilson a elaborat o procedură matematică pentru analiza sistemelor fizice pe un anumit interval de distanțe – de la scări mult mai mici decât, să zicem, cele testate de Marele Accelerator de Hadroni până la distanțele atomice mult mai mari accesibile de peste un secol – urmată de conectarea sistematică a poveştilor, lămurind cum fiecare dintre ele îi transmite următoareia încărcătura narativă pe măsură ce scara depăşeşte domeniul ei particular. Metoda, numită *grupul de renormare*, ocupă un loc central în fizica modernă. Ea arată cum limbajul, cadrul conceptual şi ecuațiile folosite pentru a analiza fizica la o anumită scară a distanțelor trebuie modificate atunci când ne concentrăm asupra unei alte scări. Folosind-o pentru a crea un set ierarhizat de descrieri distincte şi a explica felul cum comunică fiecare cu cele învecinate, fizicienii au extras predicții detaliate care au fost confirmate prin numeroase experimente şi observații.

Deşi tehnica lui Wilson e concepută pentru instrumentele matematice ale fizicii moderne a energiilor înalte (mecanica cuantică şi generalizarea sa, teoria cuantică a câmpurilor), ideea generală are o aplicabilitate largă. Există multe moduri de a

înțelege lumea. În organizarea tradițională a ştiințelor, fizica se ocupă de particulele elementare şi diversele lor asocieri, chimia cu atomii şi moleculele, iar biologia cu viața. Categorisirea aceasta, aflată încă în uz, dar mult mai proeminentă pe când eram student, oferă o demarcare rezonabilă, deşi grosieră, a ştiințelor în funcție de scară. În perioada mai recentă însă, cu cât cercetătorii au mers mai în profunzime, cu atât ei au înțeles că stabilirea unor punți între discipline este esențială. Ştiințele nu sunt separate. Iar atunci când atenția se mută de la viață la viața inteligentă, alte discipline care se suprapun – limbaj, literatură, filozofie, istorie, artă, mit, religie, psihologie etc. – devin centrale pentru cronică. Chiar şi un reducționist ferm îşi dă seama că, oricât de absurd ar fi să explici traiectoria unei mingi de baseball în termenii mişcării moleculare, încă şi mai absurd ar fi să invoci o asemenea perspectivă microscopică pentru a explica ce simte jucătorul la bătaie în timp ce aruncătorul se pregăteşte, mulțimea vociferează, iar mingea se apropie cu viteză. În schimb, poveşti de nivel mai înalt spuse în limbajul reflecției umane oferă o înțelegere mult mai bună. Totuşi – şi asta e esențial – poveştile acestea mai adecvate nivelului uman trebuie să fie compatibile cu explicația reducționistă. Suntem ființe fizice supuse legilor fizice. Prin urmare, nu e nimic de câştigat dacă fizicienii susțin zgomotos că al lor este cadrul explicativ „cel mai fundamental“, sau dacă umaniştii iau în derâdere aroganța reducționismului neînfrânat. O înțelegere rafinată se obține integrând povestea fiecărei discipline într-o narațiune fin structurată.[8]

În capitolul acesta adoptăm o perspectivă reducționistă, admițând că în capitole ulterioare vom

explora viața şi mintea în acord cu o sensibilitate umanistă complementară. Aici vom discuta originea ingredientelor atomice şi moleculare necesare vieții, originea unui mediu particular – Pământul şi Soarele – în care acele ingrediente s-au amestecat în proporția corectă pentru ca viața să apară şi să prospere, şi vom explora unitatea profundă a vieții pe Pământ examinând unele structuri şi procese microfizice uimitoare comune tuturor ființelor vii.[9] Deşi nu vom răspunde la întrebarea despre originea vieții (care este încă un mister), vom vedea că întreaga viață de pe Pământ poate fi urmărită în trecut până la o specie ancestrală unicelulară comună, delimitând astfel clar ceea ce o ştiință despre originea vieții va trebui până la urmă să explice. Aceasta ne va conduce să examinăm viața din perspectiva termodinamică cu largă aplicabilitate, dezvoltată în capitolele precedente, arătând limpede că ființele vii sunt profund înrudite nu doar între ele, dar şi cu stelele şi cu motoarele cu aburi: viața este încă un mijloc folosit de univers pentru a elibera potențialul de entropie zăvorât în materie.

Nu-mi propun să fiu enciclopedic, ci doar să ofer suficiente amănunte încât să simțiți ritmurile naturii, tiparele ce reverberează de la big bang până la apariția vieții pe Pământ.

Originea elementelor

Măcinați ceva ce mai înainte a fost viu, disecați maşinăria sa moleculară complexă şi veți găsi din abundență şase tipuri de atomi: carbon, hidrogen, oxigen, azot, fosfor şi sulf, o colecție de elemente pe care studenții şi-o amintesc uneori cu acronimul SPONCH (a nu se confunda cu prăjitura mexicană

cu acelaşi nume). De unde provin aceste ingrediente atomice ale vieții? Răspunsul care s-a conturat reprezintă una dintre marile poveşti de succes ale cosmologiei moderne.

Rețeta pentru construirea unui atom, oricât de complex, pare simplă. Reuniți numărul adecvat de protoni cu numărul adecvat de neutroni, îngrămădiți-i într-o sferă compactă (nucleul), înconjurați-i cu un număr de electroni egal cu cel al protonilor şi plasați electronii pe orbitele specifice dictate de fizica cuantică. Atâta tot. Dificultatea ține de faptul că, spre deosebire de piesele de Lego, constituenții atomici nu se îmbină cu uşurință. Ei se atrag şi se resping puternic, făcând ca asamblarea nucleului să fie o sarcină dificilă. Protonii mai ales au cu toții aceeaşi sarcină electrică pozitivă, aşa încât e nevoie de presiuni şi temperaturi enorme pentru ca ei să învingă respingerea electromagnetică reciprocă şi să se apropie suficient pentru ca forța nucleară tare să domine, unindu-i într-o îmbrățişare subatomică puternică.

Imediat după big bang, condițiile au fost incomparabile cu tot ce a existat oriunde şi oricând mai târziu, deci par să fi oferit un mediu propice pentru învingerea respingerii electromagnetice şi asamblarea nucleelor atomice. S-ar putea presupune că, într-un amestec fenomenal de dens şi de energic de protoni şi neutroni ciocnindu-se unii de alții, se vor forma în mod natural aglomerări care vor duce la sinteza, rând pe rând, a tuturor speciilor de atomi din sistemul periodic. Într-adevăr, asta au sugerat George Gamow (un fizician sovietic care în 1932, într-o primă încercare de evadare, a traversat Marea Neagră vâslind într-un caiac, aprovizionat mai ales cu cafea şi ciocolată) şi doctorandul său Ralph Alpher la finele anilor 1940.

Aveau parțial dreptate. O problemă de care şi-au dat seama este că în primele momente temperatura universului era prea mare. Spațiul era inundat cu fotoni extraordinar de energici, care ar fi spulberat orice uniuni incipiente ale protonilor şi neutronilor. Dar, şi-au mai dat ei seama, cam un minut şi jumătate mai târziu – un timp lung ținând cont de viteza amețitoare cu care a evoluat universul timpuriu – situația s-a schimbat. Până atunci, temperatura a scăzut suficient pentru ca energiile tipice ale fotonilor să nu mai copleşească forța nucleară tare, permițând în fine ca uniunile de protoni şi neutroni să persiste.

A doua problemă, dezvăluită mai târziu, este că agregarea unor atomi complecşi e un proces complicat care necesită timp. E nevoie de o serie foarte specială de paşi în care numerele prescrise de protoni şi neutroni fuzionează în diverse formațiuni, care apoi trebuie să întâlnească întâmplător anumite formațiuni complementare, să fuzioneze şi cu acestea etc. La fel ca în rețeta unui bucătar rafinat, ordinea în care se combină ingredientele e esențială. Iar ceea ce face ca procesul să fie extrem de delicat este că unii compuşi intermediari sunt instabili, adică tind să se dezintegreze imediat ce s-au format, subminând pregătirile culinare şi încetinind sinteza atomică. Obstacolul acesta e important, deoarece scăderea constantă a temperaturii şi densității odată cu expansiunea rapidă a universului timpuriu face ca fereastra de oportunitate pentru fuziune să se închidă repede. La aproximativ zece minute după creație, temperatura şi densitatea scad sub pragul necesar pentru procesele nucleare.[10]

Când aceste considerații sunt transpuse cantitativ, conform procedurii inițiate de Alpher în teza lui de doctorat şi perfecționată ulterior de numeroşi

cercetători, constatăm că imediat după big bang au fost sintetizate numai primele câteva specii atomice. Matematica ne permite să calculăm abundențele lor relative: aproximativ 75% hidrogen (un proton), 25% heliu (doi protoni, doi neutroni) şi urme de deuteriu (o formă grea de hidrogen, cu un proton şi un neutron), heliu-3 (o formă uşoară de heliu cu doi protoni şi un neutron) şi litiu (trei protoni, patru neutroni).[11] Observații astronomice detaliate ale abundențelor atomice au confirmat că aceste rapoarte sunt exacte, un triumf al matematicii şi fizicii în înțelegerea proceselor detaliate care au avut loc la câteva minute după big bang.

Dar ce se poate spune despre atomii mai complecşi, între care cei esențiali pentru viață? Primele propuneri privind originea lor datează din anii 1920. Astronomul britanic Sir Arthur Eddington (care, întrebat fiind cum este să te afli printre singurele trei persoane care înțeleg relativitatea generală a lui Einstein, a dat răspunsul celebru „Încerc să-mi imaginez cine e a treia persoană“) a avut ideea corectă: interiorul incandescent al stelelor ar putea oferi oalele pentru gătirea lentă a unor specii atomice mai complexe. Propunerea a trecut prin mâinile multor fizicieni strălucițI, inclusiv ale laureatului Nobel Hans Bethe (primul meu birou la facultate era lângă al său, şi puteam să-mi fixez ceasul după strănutul său sănătos de la ora patru după-amiaza) şi, poate mai relevant, ale lui Fred Hoyle (cel care, într-o emisiune din 1949 de la postul de radio BBC a făcut remarca disprețuitoare că universul a fost creat într-un „big bang“, născocind astfel involuntar una dintre poreclele cele mai pline de miez din ştiință[12]), care au transformat sugestia într-un mecanism fizic matur, capabil şi de predicții.

În comparație cu viteza amețitoare a schimbării imediat după big bang, stelele oferă medii stabile care pot dăinui timp de milioane, dacă nu miliarde de ani. Instabilitatea unor formațiuni intermediare încetineşte şi fuziunea în stele, dar atunci când este timp la discreție sarcina poate fi dusă la bun sfârşit. Aşa încât, spre deosebire de cazul big bang-ului, sinteza nucleelor în stele este departe de a se încheia odată cu fuziunea hidrogenului în heliu. Stelele suficient de masive vor continua să strivească nuclee laolaltă, obligându-le să fuzioneze în atomi mai complecşi din sistemul periodic, concomitent cu producerea unor cantități substanțiale de căldură şi lumină. De exemplu, o stea de douăzeci de ori mai masivă decât Soarele va petrece primii opt milioane de ani din viața sa fuzionând hidrogenul în heliu, iar următoarele câteva milioane de ani le va consacra fuziunii heliului în carbon şi oxigen. După care, temperatura nucleului stelei crescând continuu, banda transportoare accelerează tot mai mult: e nevoie de aproximativ o mie de ani ca steaua să-şi ardă rezerva de carbon, fuzionându-l în sodiu şi neon; în următoarele şase luni, fuziunea produce magneziu; timp de o lună, sulf şi siliciu; iar apoi, în doar zece zile, fuziunea arde atomii rămaşi, producând fier.[13]

Ne oprim la fier dintr-un motiv bine întemeiat. Dintre toate speciile de atomi, protonii şi neutronii fierului sunt cel mai strâns legați între ei. Asta contează. Dacă încerci să construieşti specii de atomi încă şi mai grei îndesând în nucleu protoni şi neutroni suplimentari, vei constata că nucleele de fier sunt prea puțin interesate să participe. Viguroasa îmbrățişare nucleară care menține laolaltă cei douăzeci şi şase de protoni şi treizeci de neutroni deja a stors şi eliberat cantitatea maximă de energie

posibilă fizic. Adăugarea unor protoni şi neutroni suplimentari va presupune un consum net, iar nu o producere de energie. Ca urmare, când se ajunge la fier, producerea ordonată prin fuziune a unor atomi mai mari şi mai complecşi, cu eliberarea simultană de căldură şi lumină, încetineşte până la oprire. La fel ca cenuşa din vatră, fierul nu mai poate să ardă.

Cum rămâne atunci cu speciile atomice cu nuclee încă şi mai mari, între care elemente utile precum cuprul, mercurul şi nichelul; favoriți sentimentali precum argintul, aurul şi platina; şi elemente grele exotice precum radiul, uraniul şi plutoniul?

Oamenii de ştiință au identificat două surse pentru aceste elemente. Când nucleul unei stele e alcătuit mai ales din fier, reacțiile de fuziune nu mai generează energia şi presiunea spre exterior necesare pentru a contracara atracția spre interior a gravitației. Steaua începe să colapseze. Dacă e suficient de masivă, colapsul se accelerează într-o implozie atât de puternică, încât temperatura nucleului creşte vertiginos; materialul care suferă implozia ricoşează de nucleu şi declanşează o undă de şoc spectaculoasă, care se năpusteşte spre exterior. În timp ce unda de şoc vuieşte dinspre nucleul stelei către suprafața sa, ea comprimă nucleele atomice întâlnite cu o asemenea furie, încât se formează o sumedenie de aglomerări nucleare mai mari. În vârtejul mişcării haotice a particulelor pot fi sintetizate toate elementele mai grele ale tabelului periodic, iar atunci când unda de şoc ajunge în sfârşit la suprafața stelei, ea expulzează în spațiu acest bogat amestec atomic.

O a doua sursă de elemente grele sunt ciocnirile violente între stele neutronice, corpuri cereşti produse în agonia stelelor cu o masă de aproximativ zece până la treizeci de ori mai mare decât a

Soarelui. Faptul că stelele neutronice sunt alcătuite mai ales din neutroni – particule cameleonice care se pot transforma în protoni – e de bun augur pentru construirea nucleelor atomice, dată fiind abundența materiei prime. Există însă un obstacol, anume că pentru a forma nuclee atomice neutronii trebuie să se elibereze din puternica strânsoare gravitațională a stelei. Aici intervine salutar ciocnirea stelelor neutronice. Impactul poate arunca în spațiu neutroni, care, neavând sarcină electrică, nu sunt supuşi respingerii electromagnetice şi ca atare se asociază mai uşor în grupuri. După ce o parte din aceşti neutroni se transformă cameleonic şi devin protoni (eliberând electroni şi anti-neutrini), obținem o cantitate de nuclee atomice complexe. În 2017, ciocnirile stelelor neutronice au trecut din domeniul speculației teoretice în cel al faptului observațional, atunci când oamenii de ştiință au detectat undele gravitaționale generate de asemenea ciocniri (la scurt timp după ce au fost detectate primele unde gravitaționale, produse de ciocnirea a două găuri negre). O serie de analize au determinat că ciocnirile stelelor neutronice produc elemente grele mai eficient şi mai abundent decât exploziile de supernovă, astfel încât e posibil ca majoritatea elementelor grele din univers să fi fost produse în aceste coliziuni astrofizice.

Fuzionate în stele şi ejectate în explozii de supernovă, sau expulzate în urma ciocnirilor stelare şi amalgamate în dâre de particule, o diversitate de specii atomice plutesc în spațiu, unde formează vârtejuri şi se unesc în nori mari de gaz, care cu trecerea timpului se coagulează în stele şi planete, iar în cele din urmă în noi înşine. Aceasta e originea ingredientelor care alcătuiesc toate lucrurile pe care le cunoaştem.

Originea sistemului solar

Având cu puțin peste patru miliarde şi jumătate de ani, Soarele este un nou-venit în cosmos. El n-a făcut parte din prima generație de stele a universului. Am văzut în capitolul 3 că acei pionieri stelari au provenit din variațiile cuantice ale densității materiei şi energiei pe care expansiunea inflaționară le-a extins în spațiu. Simulările pe calculator ale acestor procese arată că primele stele s-au aprins la aproximativ o sută de milioane de ani după big bang, intrarea lor pe scena cosmică nefiind nicidecum grațioasă. Ele au fost probabil nişte coloşi cu o masă de sute sau chiar mii de ori mai mare decât a Soarelui, arzând cu o asemenea intensitate, încât s-au stins repede. Cele mai masive şi-au sfârşit viața într-o implozie gravitațională atât de energică, încât au colapsat până la stadiul de găuri negre, configurații extreme ale materiei de care ne vom ocupa pe larg mai târziu în călătoria noastră. Stelele mai puțin masive şi-au sfârşit viața în explozii violente de supernovă care, pe lângă că au însămânțat spațiul cu atomi complecşi, au inițiat următoarea rundă de formare a stelelor. La fel cum unda de şoc a unei supernove dezagregă o stea, forțând constituenții atomici ai acesteia să fuzioneze, o undă de şoc care se propagă prin spațiu comprimă norii de ingredienți moleculari care-i ies în cale. Şi fiindcă regiunile comprimate sunt mai dense, ele exercită o atracție gravitațională mai mare asupra mediului înconjurător, absorbind constituenți corpusculari şi inițiind o nouă rundă de condensare gravitațională care va produce următoarea generație de stele.

Bazându-se pe compoziția Soarelui – cantitățile ale diverselor elemente pe care le conține în prezent,

determinate prin măsurători spectroscopice –, astrofizicienii cred că Soarele este un nepot al primelor stele din univers, un descendent din generația a treia. Dar există multă incertitudine privind locul unde s-a format inițial Soarele. Unul dintre candidații investigați este un roi de stele numit Messier 67, aflat la o distanță de aproximativ trei mii de ani-lumină şi a cărui compoziție chimică pare similară cu a Soarelui, sugerând o strânsă asemănare de familie. Dificultatea, încă nerezolvată, constă în a explica în ce fel Soarele şi planetele din sistemul solar (sau discul protoplanetar din care se vor forma ulterior planetele) au fost ejectate din acea creşă stelară îndepărtată şi au migrat aici. Unele studii ale traiectoriilor potențiale conchid că nu există practic nici o şansă ca Messier 67 să fie locul de naştere al Soarelui, pe când altele, invocând diferite presupuneri modificate, au furnizat rezultate mai încurajatoare.[14]

Ceea ce putem spune cu mai multă încredere este că în urmă cu vreo 4,7 miliarde de ani o undă de şoc a unei supernove probabil a traversat un nor conținând hidrogen, heliu şi mici cantități de atomi mai complecşi, comprimând o parte a norului, care, fiind acum mai densă decât mediul său înconjurător, a exercitat o atracție gravitațională mai puternică, iar astfel a început să atragă material spre interior. În următoarele câteva sute de mii de ani, regiunea aceasta a norului de gaz a continuat să se contracte, rotindu-se la început lent, apoi mai rapid, ca o patinatoare grațioasă care-şi apropie brațele de corp în timp ce se-nvârte. Aşa cum patinatoarea în rotație simte o forță de atracție spre exterior (care-i evazează franjurii de pe costum), la fel şi norul în rotație şi-a extins şi aplatizat regiunile exterioare, formând un disc în rotație care înconjoară o regiune

sferică mai mică în centru. În cursul următorilor cincizeci până la o sută de milioane de ani, norul de gaz a interpretat o variantă lentă şi regulată a pasului în doi entropic gravitațional discutat în capitolul 3: Forța gravitațională a comprimat nucleul sferic, care a devenit tot mai fierbinte şi mai dens, în vreme ce materia înconjurătoare s-a răcit şi s-a rarefiat. Entropia nucleului a scăzut, dar cea a mediului a crescut cu o cantitate şi mai mare. În fine, temperatura şi densitatea nucleului au trecut pragul de declanşare a fuziunii nucleare.

Aşa s-a născut Soarele.

În următoarele câteva milioane de ani, resturile rămase de la formarea Soarelui, în total câteva zecimi de procent din discul turbionar inițial, s-au contopit prin efectul repetat al bulgărelui de zăpadă gravitațional, dând naştere planetelor din sistemul solar. Substanțele mai uşoare şi mai volatile – hidrogenul şi heliul, dar şi metanul, amoniacul şi apa –, care vor fi descompuse de radiația intensă a Soarelui, s-au acumulat în cantități mai mari în regiunile exterioare mai reci ale sistemului solar, formând giganții gazoşi, Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun. Constituenții mai grei şi mai robuşti, precum fierul, nichelul şi aluminiul, care au rezistat mai bine mediului mai fierbinte din apropierea Soarelui, s-au consolidat în planetele interioare stâncoase mai mici, Mercur, Venus, Pământul şi Marte. Fiind mult mai puțin masive decât Soarele, planetele pot suporta modesta lor greutate grație rezistenței intrinseci la comprimare a propriilor atomi. Temperaturile şi presiunile din nucleul planetelor cresc, dar nu se apropie nici pe departe de nivelurile necesare pentru declanşarea fuziunii nucleare, rezultând mediile mai temperate cărora viața – cu siguranță forma noastră şi, posibil, toate

formele de viață din univers – le e profund îndatorată.

Tinerețea Pământului

Prima jumătate de miliard de ani ai Pământului este numită Perioada Hadeană, invocându-l pe zeul grec al lumii subpământene pentru a desemna o eră infernală a vulcanilor dezlănțuiți, a torentelor de rocă topită şi a vaporilor denşi şi toxici de sulf şi cianură. Dar unii oameni de ştiință bănuiesc acum că zeul Poseidon ar putea fi o alegere mai bună ca port-drapel al tânărului Pământ. Modificările oceanelor, încă controversate, se bazează pe dovezi cu nimic mai substanțiale decât firele de praf. Deşi nu dispunem de mostre de roci din acea perioadă, cercetătorii au identificat mici fărâme translucide foarte vechi – numite *cristale de zirconiu* – care s-au format atunci când lava topită a Pământului primordial s-a răcit şi s-a solidificat. Cristalele de zirconiu se dovedesc esențiale pentru a înțelege evoluția timpurie a Pământului nu numai fiindcă sunt practic indestructibile, supraviețuind la miliarde de ani de maltratare geologică, ci şi fiindcă acționează ca nişte capsule ale timpului în miniatură. Atunci când se formează, cristalele de zirconiu captează mostre moleculare ale mediului pe care le putem data prin metode radioactive standard. Analiza minuțioasă a impurităților din cristalele de zirconiu ne oferă mostre ale condițiilor de pe Pământul arhaic.

O descoperire din vestul Australiei a scos la iveală cristale de zirconiu datând de acum 4,4 miliarde de ani, cu numai două sute de milioane de ani după formarea Pământului şi a sistemului solar. Analizând compoziția lor, cercetătorii au sugerat că

în acele vremuri condițiile au fost poate mult mai plăcute decât se crezuse anterior. Pământul timpuriu a fost pesemne o lume acvatică relativ calmă, cu mici porțiuni de uscat presărate pe o suprafață acoperită în cea mai mare parte de ocean.[15]

Ceea ce nu înseamnă că istoria Pământului nu a cunoscut momentele sale dramatice. La aproximativ cincizeci până la o sută de milioane de ani după naşterea sa, probabil că Pământul s-a ciocnit cu o planetă de dimensiunea lui Marte, numită Theia, ceea ce a vaporizat crusta terestră, a nimicit Theia şi a azvârlit un nor de praf şi gaz la mii de kilometri în spațiu. Cu timpul, norul acela s-a condensat gravitațional şi a format Luna, unul dintre cei mai mari sateliți planetari din sistemul solar, care ne aminteşte în fiecare noapte de acea întâlnire violentă. Un alt memento îl constituie anotimpurile. Avem parte de veri calde şi ierni reci fiindcă înclinarea axei de rotație a Pământului influențează unghiul de incidență al luminii solare: vara razele cad mai mult sau mai puțin perpendicular, pe când iarna ele cad oblic. Ciocnirea cu Theia este cauza probabilă a înclinației. Şi chiar dacă mai puțin senzațional decât o coliziune planetară, atât Pământul, cât şi Luna au suportat perioade de bombardament semnificativ cu meteoriți mai mici. Pe Lună, absența vânturilor care să erodeze şi crusta statică au păstrat cicatricele, dar loviturile pe care le-a suferit Pământul, mai puțin vizibile acum, au fost la fel de severe. Unele impacturi timpurii au putut vaporiza parțial sau chiar total apa de pe suprafața Pământului. Cu toate acestea, arhivele de zirconiu oferă dovezi că, în răstimpul a câteva sute de milioane de ani după formarea sa, Pământul s-a putut răci suficient pentru ca vaporii de apă din atmosferă să cadă sub formă de ploaie, să umple

oceanele şi să creeze un teren nu foarte deosebit de Pământul pe care-l cunoaştem acum. Cel puțin aceasta e concluzia care decurge din studiul cristalelor.

Durata necesară ca Pământul să se răcească şi să etaleze apă din abundență – sute de milioane de ani sau poate mult mai mult – este dezbătută intens, fiindcă se referă în mod direct la întrebarea când anume în istoria geologică a apărut pentru prima oară viața. Deşi e exagerat să spunem că acolo unde este apă lichidă este şi viață, putem afirma cu oarecare încredere că în absența apei lichide lipseşte şi viața, cel puțin genul de viață cu care suntem obişnuiți.

Să vedem de ce.

Viața, fizica cuantică şi apa

Apa se numără printre cele mai familiare, dar şi importante, substanțe din natură. Compoziția sa moleculară, H_2O, a devenit pentru chimie ceea ce este ecuația lui Einstein $E = mc^2$ pentru fizică, cea mai faimoasă formulă a domeniului. Analizând-o în detaliu, putem să înțelegem proprietățile distinctive ale apei şi să dezvoltăm unele idei-cheie din programul lui Schrödinger de a înțelege viața la nivelul fizicii şi chimiei.

La jumătatea anilor 1920, mulți fizicieni de marcă şi-au dat seama că ordinea acceptată era în pragul unei schimbări radicale. Ideile newtoniene, ale căror predicții pentru mişcarea orbitală a planetelor şi zborul pietrelor stabiliseră timp de secole etalonul de aur al preciziei, eşuau lamentabil atunci când erau aplicate unor particule minuscule precum electronii. Pe măsură ce date rebele ieşeau precum bulbucii din lumea microscopică, apele

calme ale gândirii newtoniene au devenit agitate. Fizicienii s-au văzut imediat obligați să lupte doar pentru a rămâne la suprafață. Lamentația lui Werner Heisenberg, murmurată în timp ce se plimba fără țintă printr-un parc pustiu din Copenhaga după o noapte epuizantă de calcule intense împreună cu Niels Bohr, rezuma bine situația: „E posibil ca natura să fie atât de absurdă pe cât ni se pare nouă în aceste experimente atomice?“[16] Răspunsul, un da hotărât, a venit în 1926 de la un modest fizician german, Max Born, care a înlăturat obstacolul conceptual introducând o paradigmă cuantică radical nouă. El a susținut că un electron (sau orice altă particulă) poate fi descris doar în termenii *probabilității* de a fi găsit într-un loc dat. Dintr-o trăsătură de condei, lumea newtoniană familiară, în care obiectele au întotdeauna poziții bine definite, a cedat locul unei realități cuantice în care o particulă poate fi aici sau acolo, sau cu totul altundeva. Departe de a fi un neajuns, incertitudinea inerentă unei scheme probabiliste a dezvăluit o trăsătură intrinsecă a realității cuantice mult timp trecută cu vederea de cadrul newtonian care, oricât de pătrunzător, s-a dovedit totuşi insuficient. Newton şi-a bazat ecuațiile pe lumea vizibilă. Câteva secole mai târziu, am învățat că există o realitate neaşteptată, inaccesibilă fragilelor noastre percepții umane.

Propunerea lui Born a fost însoțită de precizie matematică.[17] El a explicat că o ecuație publicată de Schrödinger cu câteva luni în urmă poate fi folosită pentru a prezice probabilitățile cuantice. Aceasta a fost o noutate pentru Schrödinger, la fel ca pentru toți ceilalți. Dar când oamenii de ştiință au urmat indicația lui Born, ei au constatat că matematica funcționează în mod spectaculos. Date care anterior

fuseseră subsumate unor reguli empirice ad hoc, sau rezistaseră oricărei explicații, au putut fi în cele din urmă înțelese prin analize matematice sistematice.

Când este aplicată atomilor, perspectiva cuantică aruncă peste bord vechiul „model al sistemului solar“, care reprezenta electronii orbitând în jurul nucleului la fel cum planetele orbitează în jurul Soarelui. În locul acestuia, mecanica cuantică concepe electronul ca pe un nor difuz care înconjoară nucleul şi a cărui densitate într-o poziție dată indică probabilitatea ca electronul să se găsească în acel loc. E improbabil ca un electron să fie găsit acolo unde norul său de probabilitate e rarefiat, şi e probabil să fie găsit acolo unde norul e dens.

Ecuația lui Schrödinger explicitează matematic această descriere, determinând forma şi profilul densității norului de probabilitate al unui electron şi stipulând – aspect esențial pentru discuția de față – numărul exact de electroni care poate fi conținut în fiecare asemenea nor.[18] Detaliile devin rapid tehnice, dar pentru a înțelege trăsăturile esențiale imaginați-vă că nucleul unui atom e o scenă centrală, iar electronii săi sunt publicul care urmăreşte acțiunea, aşezat pe scaune dispuse în rânduri concentrice în jurul scenei. În acest „teatru cuantic“, matematica lui Schrödinger aplicată atomilor dictează modul cum electronii completează locurile.

Aşa cum sugerează experiența urcării treptelor unui teatru real, cu cât rândul este mai sus, cu atât electronul are nevoie de mai multă energie ca să ajungă acolo. Prin urmare, atunci când un atom este atât de calm pe cât poate să fie, în configurația sa cu energia cea mai joasă, electronii săi formează publicul cel mai ordonat, populând un strat superior doar atunci când cele inferioare sunt complet

ocupate. Când atomul posedă energia minimă, nici un electron nu urcă mai sus decât e absolut necesar. Câți electroni încap într-un strat dat? Matematica lui Schrödinger oferă răspunsul, o normă antiincendiu universală care se aplică tuturor teatrelor cuantice: cel mult doi electroni sunt admişi în primul strat, opt electroni în stratul al doilea, optsprezece în stratul al treilea şi aşa mai departe, după cum specifică ecuația. Dacă energia unui atom creşte, de pildă în urma impactului cu un fascicul laser puternic, unii dintre electronii săi pot fi suficient de agitați pentru a sări pe un strat superior, dar această exuberanță va fi de scurtă durată. Asemenea electroni excitați cad repede înapoi pe stratul lor originar, emițând energie (care e preluată de fotoni) şi readucând atomul în configurația lui cea mai calmă.[19]

Matematica dezvăluie încă o particularitate, un fel de OCD[10] atomic care este unul dintre principalele motoare ale reacțiilor chimice pretutindeni în cosmos. Atomii au o aversiune față de straturile doar parțial completate. Straturile sunt goale? Foarte bine. Straturile sunt completate? Foarte bine. Dar cele parțial ocupate? Acestea fac ca atomii să se urce pe pereți. Unii atomi sunt norocoşi, având exact numărul de electroni necesari pentru a-şi completa singuri toate straturile. Heliul conține doi electroni pentru a compensa sarcina electrică a celor doi protoni ai săi, şi ei umplu fericiți primul strat. Neonul are zece electroni pentru a compensa sarcina electrică a celor zece protoni ai săi, şi ei umplu la fel de fericiți primul strat, unde încap doi, şi al doilea, unde încap ceilalți opt. Dar pentru majoritatea atomilor numărul de electroni necesari pentru a compensa numărul de protoni nu umple un set complet de straturi.[20]

Ce vor face aceştia?

Ei negociază cu alte specii de atomi. Dacă tu eşti un atom al cărui strat superior are nevoie de încă doi electroni, iar eu sunt un atom cu doi electroni pe stratul superior, atunci, dacă eu îți donez doi electroni, ne vom rezolva reciproc problema ocupării straturilor: rezultatul donației este că amândoi vom avea straturile completate. Ține seama şi că, acceptându-mi electronii, tu vei dobândi o sarcină netă negativă şi că, donându-mi electronii, eu voi dobândi o sarcină netă pozitivă – iar fiindcă sarcinile opuse se atrag, noi doi ne vom îmbrățişa pentru a forma o moleculă neutră electric. Pe de altă parte, dacă tu şi cu mine, de exemplu, avem fiecare nevoie de încă un electron pentru a ne completa straturile superioare, putem ajunge la un alt fel de acord: putem amândoi dona câte un electron unui rezervor comun, rezolvându-ne şi de data asta reciproc problema ocupării straturilor, şi – prin intermediul legăturii create de electronii puşi în comun – să ne combinăm din nou într-o moleculă neutră electric. Procesele acestea, care umplu straturile de electroni şi leagă atomii laolaltă, sunt ceea ce numim reacții chimice. Ele oferă modelul pentru astfel de reacții aici, pe Pământ, în interiorul sistemelor vii şi pretutindeni în univers.

Apa e un exemplu elocvent. Oxigenul conține opt electroni, doi pe primul strat şi şase pe stratul al doilea. Oxigenul se străduieşte aşadar să obțină încă doi electroni, căutând să-şi completeze stratul al doilea cu numărul maxim de opt. O sursă uşor disponibilă e hidrogenul. Fiecare atom de hidrogen are un unic electron singuratic care stă de pomană în primul strat. Dacă un atom de hidrogen are ocazia să-şi completeze acest strat cu încă un electron, o va face bucuros. Astfel încât hidrogenul şi oxigenul ajung la o înțelegere să-şi pună în comun o pereche

de electroni, satisfăcând pe deplin hidrogenul şi aducând oxigenul cu un electron mai aproape de beatitudinea orbitală. Includeți un al doilea atom de hidrogen care să împartă în acelaşi fel o pereche de electroni cu oxigenul, şi toată lumea va fi încântată. Electronii puşi în comun leagă atomul de oxigen de cei doi atomi de hidrogen, dând naştere unei molecule de apă, H_2O.

Geometria acestei uniuni are implicații vaste. Împingerile şi tracțiunile interatomice fac ca toate moleculele de apă să adopte forma unui V larg deschis, cu oxigenul în vârf şi cei doi atomi de hidrogen plasați în extremitățile literei. Deşi H_2O nu are o sarcină electrică netă, din cauză că oxigenul e atât de maniac să-şi completeze straturile orbitale, el acaparează electronii puşi în comun, rezultând o distribuție asimetrică a sarcinii în moleculă. Vârful moleculei, sălaşul oxigenului, are o sarcină netă negativă, pe când cele două extremități, unde se găsesc atomii de hidrogen, au o sarcină netă pozitivă.

Distribuția sarcinii electrice în molecula de apă ar putea părea un detaliu ezoteric. Dar nu este aşa. Ea se dovedeşte esențială pentru apariția vieții. Datorită distribuției asimetrice a sarcinii sale electrice, apa poate să dizolve aproape orice. Oxigenul încărcat negativ din vârf înşfacă tot ce are o cât de mică sarcină pozitivă; hidrogenul încărcat pozitiv din extremități înşfacă tot ce are o cât de mică sarcină negativă. În tandem, cele două capete ale unei molecule de apă acționează ca nişte gheare încărcate electric, care sfâşie aproape tot ce e cufundat un timp suficient.

Sarea de bucătărie este exemplul cel mai familiar. Formată dintr-un atom de sodiu legat de un atom de clor, o moleculă de sare de bucătărie are o sarcină

uşor pozitivă în apropierea sodiului (care donează un electron clorului) şi o sarcină uşor negativă în apropierea clorului (care acceptă un electron de la sodiu). Aruncați sare în apă, iar partea de oxigen a H_2O (încărcată negativ) înşfacă sodiul (încărcat pozitiv), în timp ce partea de hidrogen a H_2O (încărcată pozitiv) înşfacă clorul (încărcat negativ), despărțind astfel moleculele de sare şi dizolvându-le în soluție. Iar ce este adevărat pentru sare este adevărat şi pentru numeroase alte substanțe. Amănuntele diferă, dar dispunerea asimetrică a sarcinii electrice în molecula de apă face din ea un solvent extraordinar. Spălați-vă pe mâini, chiar şi fără săpun, şi polaritatea electrică a apei va munci din greu, dizolvând şi îndepărtând substanțele străine.

Dincolo de utilitatea sa pentru igiena personală, capacitatea apei de a înşfăca şi ingera substanțe este indispensabilă pentru viață. Interioarele celulelor sunt laboratoare chimice în miniatură a căror funcționare necesită mişcarea rapidă a unui mare număr de ingrediente: intrarea nutrienților, eliminarea deşeurilor, amestecarea compuşilor chimici pentru a sintetiza substanțele necesare funcționării celulei etc. Apa face ca toate acestea să fie posibile. Apa, care constituie circa 70% din masa unei celule, este fluidul de transport al vieții. Laureatul Nobel Albert Szent-Györgyi a rezumat lucrul acesta într-un mod elocvent: „Apa e materia şi matricea vieții, mama şi mediul ei. Nu există viață fără apă. Viața a putut părăsi oceanul atunci când a învățat cum să-i crească o piele, o pungă în care să poarte apa cu ea. Noi continuăm să trăim în apă, doar că acum o avem în interiorul nostru.“[21] Ca poezie, aceasta este o odă grațioasă închinată apei şi vieții. Ca ştiință, nu există până acum nici un

argument care să stabilească valabilitatea universală a afirmației, dar nu cunoaştem nici o formă de viață care să contrazică necesitatea apei.

Unitatea vieţii

După ce am trecut în revistă sinteza atomilor simpli şi complecşi, originea Soarelui şi a Pământului, natura reacțiilor chimice şi necesitatea apei, suntem acum pregătiți să ne îndreptăm atenția asupra vieții înseşi. Deşi ar părea natural să începem cu geneza vieții, problema aceasta, încă nerezolvată, e preferabil s-o abordăm după ce vom fi explorat proprietățile moleculare esențiale ale vieții. Iar pentru cineva ca mine, care mi-am petrecut ultimii treizeci de ani urmărind o teorie unificată a forțelor fundamentale ale naturii, această explorare dezvăluie o unitate biologică surprinzătoare. Nu cunoaştem numărul exact al speciilor de pe Pământ, de la microbi la lamantini, dar valorile estimate sunt cuprinse între milioane şi bilioane. Oricare ar fi numărul exact, e enorm. Însă abundența diverselor specii ascunde natura unică a mecanismelor interioare ale vieții.

Examinați cu suficientă atenție țesuturile vii şi veți întâlni „cuantele“ vieții – celulele –, cele mai mici unități ale țesuturilor pe care le putem considera vii. Indiferent de sursa lor, celulele au atâtea trăsături în comun încât, examinând specimene individuale, ochiului nepregătit îi va fi foarte greu să distingă şoarecele de buldog, broasca țestoasă de tarantulă, musca de om. Este remarcabil. S-ar putea crede că celulele noastre trebuie să prezinte o amprentă distinctivă evidentă şi semnificativă. Dar nu-i aşa. Motivul, stabilit în cursul ultimelor decenii, este că toate formele

complexe de viață multicelulară descind din aceeaşi specie unicelulară ancestrală. Celulele sunt similare fiindcă filiațiile lor radiază din acelaşi punct de pornire.[22]

Este un fapt grăitor. Cu abundența sa de întrupări, viața ar fi putut avea multe origini distincte. S-ar fi putut ca urmărind filiația moluştelor marine până la origine să descoperim un punct de pornire, în vreme ce, făcând acelaşi lucru pentru ursul marsupial sau orhidee, să descoperim altele. Dar dovezile sugerează cu putere că în căutarea originilor vieții, filiațiile converg către un strămoş comun. Două însuşiri omniprezente ale vieții fac pledoaria încă şi mai convingătoare. Fiecare dintre ele ilustrează caracterele comune profunde împărtăşite de tot ce este viu. Primul, şi cel mai familiar, priveşte *informația*: modul cum celulele codifică şi folosesc informația care dirijează funcțiile vitale. Al doilea, la fel de important, deşi i se acordă mai puțină atenție, priveşte *energia*: modul cum celulele produc, depozitează şi utilizează energia necesară pentru întreținerea funcțiilor vitale. În ambele cazuri vom vedea limpede că în toată diversitatea spectaculoasă a vieții pe Pământ detaliile proceselor sunt identice.

Unitatea informației vieții

Un mod de a ne da seama că un iepure este viu e să vedem cum se mişcă. Şi o piatră se poate mişca, bineînțeles. Curentul puternic al unui râu o poate împinge în aval, sau o erupție vulcanică o poate lansa spre cer. Deosebirea este că mişcarea pietrei poate fi complet înțeleasă, chiar prezisă, pe baza forțelor exterioare care acționează asupra sa. Dați-mi destule informații despre curentul râului sau

despre erupție, şi voi putea determina cu o precizie rezonabilă ce se va întâmpla. A prezice mişcarea iepurelui e mai greu. Activitatea în interiorul a ceea ce Schrödinger numea „limitele spațiale“ ale iepurelui – activitatea lui internă – este un factor decisiv pentru locomoția lui. Iepurelui îi tremură nasul, îşi întoarce capul, dă din picioare, iar toate acestea fac să pară că are o voință proprie. Dacă iepurele sau orice altă formă de viață (inclusiv noi) are într-adevăr o asemenea voință autonomă este o întrebare dezbătută de secole şi pe care o vom aborda în capitolul următor, aşa încât ea nu trebuie să ne rețină aici. Deocamdată, putem cădea cu toții de acord că în timp ce activitatea din interiorul rocii e practic irelevantă pentru mişcarea pe care o observăm, mişcările coordonate, complexe şi autodirijate ale iepurelui sunt un indiciu că e viu.

Nu-i un diagnostic infailibil. Sistemele automate pot executa mişcări destul de asemănătoare, şi pe măsură ce progresul tehnologic continuă, capacitatea de a imita viața se va perfecționa. Dar asta nu face decât să sublinieze un aspect mai general: mişcarea de tipul pe care-l considerăm apare ca o interacțiune între informație şi execuție, între ceea ce am putea numi software şi hardware. Pentru un sistem automat, descrierea e valabilă la propriu. Dronele, maşinile cu pilot automat, aspiratoarele robot autonome Roomba etc. sunt guvernate de programe care folosesc ca date de intrare informațiile despre mediul înconjurător, iar ca date de ieşire determină un răspuns executat de mecanismele încorporate, de la aripi la rotoare sau roți. În cazul iepurelui, descrierea este o metaforă. Totuşi, paradigma software-hardware e extrem de utilă şi atunci când reflectăm asupra vieții. Iepurele acumulează date senzoriale din mediu, le trece

printr-un „computer neural“ (creierul său), care trimite semnale încărcate de informații pe traiectele nervoase – mănâncă trifoi, sari peste crengile căzute etc. – generând acțiuni fizice. Mişcarea iepurelui rezultă din procesarea şi transmiterea internă a unui set complex de instrucțiuni care circulă prin structura lui fizică: un software biologic care acționează un hardware biologic. Într-o piatră asemenea procese lipsesc cu desăvârşire.

Dacă plonjăm adânc într-o singură celulă a iepurelui, descoperim un set similar de idei acționând la scară mai mică. Vasta majoritate a funcțiilor celulei sunt executate de proteine, molecule mari care catalizează şi reglează reacțiile chimice, transportă substanțe esențiale şi controlează proprietăți detaliate, precum forma şi mişcarea celulelor. Proteinele sunt construite din combinațiile a douăzeci de subunități mai mici, *aminoacizii*, similar cu modul în care cuvintele limbii engleze sunt formate din diverse combinații a douăzeci şi şase de litere. Şi, la fel cum cuvintele cu sens cer ca literele să fie aranjate într-o anumită ordine, proteinele utilizabile cer ca aminoacizii să fie înlănțuiți în secvențe specifice. Dacă o asemenea asamblare ar fi lăsată în seama hazardului, probabilitatea ca aminoacizii necesari să se ciocnească unii de alții în modul corect pentru a forma o anumită proteină ar fi practic zero. Numărul modurilor în care douăzeci de aminoacizi pot fi legați într-un lanț lung e suficient pentru a face lucrul acesta evident: pentru un lanț cu o sută cincizeci de aminoacizi (o proteină mică), există aproximativ 10^{195} aranjamente diferite, cu mult mai mult decât numărul particulelor din universul observabil. La fel cum proverbiala echipă de maimuțe care dactilografiază la întâmplare litere

timp de decenii nu va reuşi să scrie corect mai mult decât „a fi sau a nu fi“, simplul joc al hazardului nu va reuşi să creeze proteinele specifice necesare vieții.

De fapt, sinteza proteinelor complexe necesită un set de instrucțiuni care definesc un proces pas cu pas – leagă aminoacidul acesta de acela, apoi adaugă-l pe acesta, urmat de acela şi aşa mai departe. Altfel spus, sinteza proteinelor necesită un software celular. Iar asemenea instrucțiuni există în interiorul fiecărei celule. Ele sunt codificate în ADN, substanța vieții a cărei arhitectură geometrică a fost descoperită de Watson şi Crick.

Fiecare moleculă de ADN e configurată în faimoasa spirală dublă, o lungă scară răsucită ale cărei trepte constau în perechi de lonjeroane, molecule mai scurte numite baze, notate de obicei A, T, G şi C (denumirile tehnice nu contează aici, dar literele simbolizează adenină, timină, guanină şi citozină). Membrii unei anumite specii împărtăşesc în cea mai mare parte aceeaşi secvență de litere. În cazul oamenilor, secvența ADN are o lungime de aproximativ trei miliarde de litere, secvența voastră deosebindu-se de a lui Albert Einstein, Marie Curie, William Shakespeare sau a oricui altcuiva prin mai puțin de un sfert de procent, aproximativ o literă la fiecare şir de cinci sute.[23] Dar savurând gloria de a poseda un genom atât de asemănător cu al celor mai strălucite minți (sau infami ticăloşi) din istorie, e bine să ştiți că secvența voastră ADN se suprapune în proporție de 99% cu a oricărui cimpanzeu.[24] Deosebiri genetice minore pot avea un impact major.

În construirea treptelor scării ADN, bazele se împerechează potrivit unei reguli stricte: un A de pe un filament al scării se ataşează unui T de pe celălalt

filament, iar un G de pe un filament se ataşează unui C de pe celălalt filament. Secvența bazelor de pe una din laturile scării determină aşadar în mod unic secvența de pe cealaltă latură. Iar în secvența de litere găsim, între alte informații vitale pentru celulă, instrucțiuni ce precizează care cu care aminoacizi se leagă între ei, dirijând sinteza unui ansamblu de proteine caracteristic unei anumite specii şi esențial pentru acea formă de viață.

Toate ființele vii codifică în acelaşi fel instrucțiunile pentru construirea proteinelor.[25]

Într-un singur paragraf, poate prea detaliat, iată manualul de funcționare, codul Morse molecular imprimat în toate ființele vii. Grupuri de trei litere consecutive de pe un filament dat al ADN-ului desemnează un anumit aminocid din grupul de douăzeci.[26] De exemplu, secvența CTA desemnează aminoacidul leucină; secvența GCT desemnează alanina; secvența GTT desemnează valina; şi aşa mai departe. Dacă examinăm treptele ataşate de unul din filamentele unui segment ADN şi citim secvența de nouă litere CTAGCTGTT, aceasta ne instruieşte să ataşăm leucina (primele trei litere, CTA) de alanină (următoarele trei litere, GCT), după care vom adăuga valină (ultimele trei litere, GTT). O proteină formată din, să zicem, o mie de aminoacizi înlănțuiți va fi codificată de o secvență specifică de trei mii de litere (punctul inițial şi cel final al unei asemenea secvențe sunt de asemenea codificate de o anumită secvență de trei litere, la fel cum majuscula şi punctul desemnează începutul şi sfârşitul acestei fraze). O asemenea secvență constituie o *genă*, planul cu instrucțiuni pentru asamblarea unei proteine.[27]

Am expus detaliile din două motive. Primul, vederea codului explicitează conceptul de software

celular. Fiind dat un segment de ADN, putem citi instrucțiunile care dirijează funcțiile interne ale celulei, o coordonare sofisticată inexistentă în materia neînsuflețită. Al doilea, vederea codului demonstrează la ce se referă biologii când spun că e universal. Fiecare moleculă de ADN, indiferent că provine de la o algă marină sau de la Sofocle, codifică în acelaşi fel informația necesară pentru a construi proteine.

Aceasta e unitatea informației vieții.

Unitatea energiei vieții

La fel cum un motor cu aburi are nevoie de o aprovizionare constantă cu energie pentru a împinge în mod repetat pistonul, viața are nevoie de o aprovizionare constantă cu energie pentru a îndeplini funcțiile sale esențiale, de la creştere şi regenerare la mişcare şi reproducere. În cazul motorului cu aburi, extragem energie din mediu. Ardem cărbune, lemn sau un alt combustibil, iar căldura generată e consumată de mecanismul interior al motorului, făcând aburul să se dilate. Şi ființele vii extrag energie din mediu. Animalele o extrag din hrană, plantele din lumina solară. Dar, spre deosebire de motorul cu aburi, în general viața nu foloseşte energia aceasta pe loc. Procesele vieții, fiind mai complexe decât expansiunea sau contracția aburului, necesită un sistem mai rafinat pentru furnizarea şi distribuirea energiei. Viața are nevoie ca energia din combustibilii pe care-i arde să fie depozitată şi livrată în mod regulat şi sigur pe măsură ce constituenții celulari o cer.

Toate ființele vii rezolvă în acelaşi mod problema extragerii şi distribuirii energiei.[28]

Soluția universală la care a ajuns viața, o

succesiune complexă de procese care au loc chiar acum în interiorul nostru şi, din câte ştim, al tuturor celorlalte ființe vii, se numără printre cele mai uimitoare realizări ale naturii. Viața extrage energie din mediu printr-un tip de ardere chimică lentă şi depozitează acea energie încărcând bateriile biologice încorporate în toate celulele. Aceste pachete de baterii celulare asigură apoi o sursă constantă de electricitate pe care celulele o folosesc ca să sintetizeze molecule anume concepute pentru a transporta şi furniza energie fiecărei componente a celulei.

Poate părea greu de înțeles. Şi chiar este. Dar fiind un aspect vital, se cuvine să-l explicăm pe scurt. Dacă nu înțelegeți toate amănuntele, nu-i nici o problemă. Chiar şi o investigație superficială dezvăluie modul miraculos în care viața asigură energia pentru mecanismele sale interne.

Combustia chimică esențială pentru procesarea energiei în organismele vii se numeşte *reacție redox*. Nu e cel mai atrăgător nume, dar exemplul arhetipal – arderea unui butuc – îl lămureşte. În timp ce butucul arde, carbonul şi hidrogenul din lemn cedează electroni oxigenului din aer (să ne amintim că oxigenul e avid de electroni) şi se unesc cu acesta, formând molecule de apă şi dioxid de carbon şi eliberând energie (motivul pentru care focul e fierbinte). Când oxigenul înşfacă electroni, spunem că el *se reduce* (vă puteți gândi la o reducere a avidității oxigenului pentru electroni). Când carbonul sau hidrogenul cedează electroni oxigenului, spunem că el *se oxidează*. Împreună, ele constituie o reacție de reducere-oxidare, sau redox pe scurt.

Oamenii de ştiință folosesc acum termenul „redox“ într-un sens mai larg, referindu-se la un

ansamblu de reacții în care electronii sunt transferați între constituenții chimici, indiferent dacă oxigenul e implicat sau nu, dar un butuc în flăcări oferă modelul relevant pentru descrierea arderii chimice. Atomi hămesiți, purtând povara straturilor parțial completate, înşfacă electroni de la atomii donori cu atâta forță, încât în proces este eliberată o cantitate mare de energie înmagazinată.

În celulele vii – concret, să ne concentrăm asupra animalelor – au loc reacții redox similare, dar, fapt important, electronii smulşi atomilor pe care i-ați ingerat la micul dejun nu sunt transferați direct oxigenului. Dacă ar fi, energia eliberată ar provoca ceva asemănător unui incendiu celular, rezultat pe care viața a învățat că e bine să-l evite. În schimb, electronii donați de alimente trec printr-o serie de reacții redox intermediare, popasuri de odihnă pe un traseu având ca destinație finală oxigenul, dar care permit eliberarea unor cantități mai mici de energie la fiecare pas. Precum o minge ajunsă în peluză care coboară treptele una câte una până în teren, electronii sar de la un receptor molecular la altul, fiecare mai ahtiat după electroni decât precedentul, asigurând că la fiecare pas se eliberează energie. Oxigenul, receptorul cel mai ahtiat după electroni dintre toți, aşteaptă electronul la baza scării, iar când acesta în sfârşit ajunge, oxigenul îl îmbrățişează strâns, storcându-i puțina energie care i-a mai rămas şi încheind procesul de extragere a energiei.

Pentru plante, procesul este în mare măsură acelaşi. Principala deosebire e sursa de electroni. În cazul animalelor, ei provin din hrană. În cazul plantelor, ei provin din apă. Lumina solară care loveşte clorofila din frunzele verzi ale plantelor smulge electroni din moleculele de apă, le amplifică energia şi îi lansează într-o cascadă redox similară

de extragere a energiei. Prin urmare, energia care susține toate acțiunile tuturor ființelor vii poate fi atribuită unuia şi aceluiaşi proces, salturile electronilor care execută o serie de reacții redox celulare. De aceea, continuându-şi reflecțiile poetice, Albert Szent-Györgyi spunea: „Viața nu este decât un electron în căutarea unui loc de odihnă.“

Din perspectiva fizicii, merită subliniat cât de surprinzătoare sunt toate acestea. Energia e moneda care plăteşte toate sosirile şi plecările pretutindeni în cosmos, o monedă bătută într-o gamă largă de valute şi câştigată printr-o gamă încă şi mai largă de meserii. O valută este energia nucleară, generată prin fisiunea şi fuziunea unui mare număr de specii atomice; alta este energia electromagnetică, generată prin atracțiile şi respingerile între o diversitate de particule încărcate electric; alta este energia gravitațională, generată prin interacțiunile între o diversitate de corpuri masive. Şi totuşi, dintre toate nenumăratele procese, viața de pe planeta Pământ utilizează un singur mecanism energetic, şi numai unul: o succesiune specifică de reacții chimice electromagnetice în care electronii se angajează într-un şir de salturi descendente, începând cu hrana sau apa şi sfârşind cu îmbrățişarea strânsă a oxigenului.

Cum şi de ce a devenit acest proces de extragere a energiei mecanismul predilect al vieții? Nimeni nu ştie. Dar universalitatea lui, la fel ca a codului genetic, vorbeşte din nou, şi cu putere, despre unitatea vieții. De ce toate ființele vii îşi obțin energia în acelaşi mod? Răspunsul imediat este că toate ființele vii trebuie să fie descendenții unui strămoş comun, o specie unicelulară despre care cercetătorii cred că a existat în urmă cu aproximativ patru miliarde de ani.

Biologie şi baterii

Dovezile în favoarea unității vieții devin şi mai convingătoare dacă urmărim în continuare traseul energiei eliberate de electronii care sar dintr-o reacție redox într-alta. Acea energie e folosită pentru a încărca bateriile biologice încorporate în absolut toate celulele. La rândul lor, bateriile biologice alimentează sinteza moleculelor deosebit de eficiente în transportul şi furnizarea energiei oriunde şi oricând e nevoie într-o celulă. Este un proces complex. Dar este acelaşi la toate ființele vii.

În linii mari, iată cum decurge el. Când un electron sare în brațele moleculare larg deschise ale unui anumit receptor redox, molecula receptoare tresare, schimbându-şi orientarea în raport cu alte molecule strâns împachetate în jurul ei, asemenea unui angrenaj care avansează cu un pas. Când electronul nestatornic sare apoi către următorul receptor redox, prima moleculă revine la orientarea ei inițială, în vreme ce noua moleculă receptoare percepe tresărirea. Pe măsură ce electronul execută alte salturi, tiparul se repetă. Moleculele care primesc un electron tresar, schimbându-şi orientarea cu un pas înainte; Moleculele care pierd un electron tresar şi ele, revenind la orientarea inițială.

Succesiunea de salturi ale electronului şi tresăririle moleculare rezultate îndeplinesc o sarcină subtilă, dar semnificativă. De fiecare dată când moleculele se reorientează, şi apoi revin în poziția inițială, ele împing un grup de protoni, obligându-i să traverseze o membrană înconjurătoare, unde ei se acumulează într-un mic compartiment, echivalent cu o celulă de retenție supraaglomerată. Sau, într-un limbaj mai prozaic, o baterie cu protoni.

Într-o baterie obişnuită, reacții chimice obligă

electronii să se acumuleze într-o parte a bateriei (anodul), în vreme ce respingerea reciprocă a acestor particule având aceeaşi sarcină înseamnă că ele sunt pregătite să fugă cu prima ocazie. Atunci când închideți un circuit electric apăsând butonul de pornire sau răsucind un comutator, eliberați electronii acumulați, permițându-le să se scurgă din anod, să treacă printr-un dispozitiv – bec electric, laptop, telefon –, şi în cele din urmă să se întoarcă în cealaltă parte a bateriei (catodul). Aşa banale cum sunt, bateriile sunt extrem de ingenioase. Ele depozitează energie într-un ansamblu aglomerat de electroni care sunt pregătiți s-o elibereze la un semnal pentru a alimenta orice dispozitiv dorim.

Într-o celulă vie întâlnim o situație similară, doar că în locul electronilor se acumulează protoni. Deosebirea aceasta are prea puțină importanță. La fel ca electronii, toți protonii au aceeaşi sarcină electrică, şi ca atare se resping între ei. Atunci când reacțiile redox celulare împachetează protonii strâns laolaltă, şi aceştia abia aşteaptă prilejul s-o ia la goană pentru a scăpa de tovărăşia forțată. Prin urmare, reacțiile redox celulare încarcă bateriile biologice pe bază de protoni. Cum protonii sunt grupați de aceeaşi parte a unei membrane extrem de subțiri (cu o grosime de numai câțiva zeci de atomi), câmpul electric (voltajul membranei împărțit la grosimea ei) poate fi enorm, zeci de milioane de volți/metru sau mai mult. Sunt voinice aceste bio-baterii celulare.

Şi atunci, ce fac celulele cu aceste minicentrale electrice? Aici lucrurile devin şi mai uimitoare. De membrană sunt ataşate numeroase nanoturbine. Când protonilor acumulați li se permite să se scurgă înapoi traversând anumite secțiuni ale membranei, ei fac ca minusculele turbine să se-nvârtă, la fel cum

rafalele de vânt fac să se-nvârtă morile de vânt. În secolele trecute, această mişcare de rotație întreținută de vânt era folosită pentru a măcina grâul şi alte cereale. Morile de vânt celulare procedează într-un mod analog, dar, în loc să pulverizeze structura, procesul o edifică. Rotindu-se, turbinele moleculare înghesuie laolaltă în mod repetat două molecule specifice (ADP, adenozin difosfat, plus un grup fosfat), sintetizând o altă moleculă specifică (ATP, adenozin trifosfat). Obligați de turbină să se unească, constituenții fiecărei molecule ATP rezultate se găsesc într-un aranjament tensionat: constituenți care se resping reciproc sunt menținuți laolaltă prin legături chimice, aşa încât, la fel ca un resort comprimat, ele se străduiesc să se elibereze. Acest lucru e extraordinar de util. Moleculele de ATP se pot deplasa oriunde în celulă, iar atunci când e nevoie eliberează energia acumulată, rupând legăturile chimice şi permițând particulelor constituente să se relaxeze într-o stare cu energie mai joasă, mai confortabilă. Energia aceasta, eliberată prin disocierea moleculelor de ATP, este cea care alimentează funcțiile celulare.

Activitatea neobosită a acestor centrale energetice celulare devine limpede dacă luăm în considerare câteva numere. Funcțiile care mențin în viață o celulă tipică timp de numai o secundă au nevoie de energia depozitată în aproximativ *zece milioane* de molecule de ATP. Corpul nostru conține zeci de bilioane de celule, ceea ce înseamnă că în fiecare secundă consumăm un număr de ordinul a o sută de milioane de bilioane (10^{20}) de molecule de ATP. De fiecare dată când o moleculă de ATP e folosită, ea se scindează în substanțele componente (ADP şi un fosfat), pe care turbinele alimentate de bateriile cu protoni le reasociază apoi în molecule de

ATP proaspăt create, complet revigorate. Aceste molecule de ATP pornesc din nou la drum, eliberând energie în toată celula. Pentru a satisface necesitățile de energie ale corpului, turbinele celulare sunt extraordinar de productive. Chiar dacă sunteți cititori extrem de rapizi, în timp ce parcurgeți această propoziție corpul vostru sintetizează circa cinci sute de milioane de bilioane de molecule de ATP. Şi chiar acum, alte trei sute de milioane de bilioane.

Rezumat

Lăsând amănuntele deoparte, concluzia este că, în timp ce electronii energici din alimente (sau electronii energizați de lumina solară în plante) coboară în cascadă un şir de trepte chimice, energia eliberată la fiecare pas încarcă bateriile biologice aflate în toate celulele. Energia depozitată în baterii este apoi folosită pentru a sintetiza molecule care fac pentru putere ceea ce camioanele serviciilor poştale fac pentru colete: moleculele distribuie într-un mod demn de încredere pachete de energie oriunde e nevoie de ele în celulă. Acesta e mecanismul universal care asigură energia tuturor ființelor vii. Acesta e parcursul unic al energiei aflat la baza *fiecărei* acțiuni pe care o întreprindem şi a *fiecărui* gând pe care îl avem.

În ce priveşte scurta noastră incursiune în ADN, principalul aspect se referă la detalii: ansamblul complex şi în aparență baroc de procese care alimentează celulele cu energie e universal pentru toate formele de viață. Unitatea aceasta, împreună cu unitatea codificării în ADN a instrucțiunilor celulare, constituie o dovadă copleşitoare că toate formele de viață provin dintr-un strămoş comun.

La fel cum Einstein a căutat o teorie unificată a forțelor naturii, şi la fel cum fizicienii de azi visează la o sinteză încă mai vastă care să cuprindă întreaga materie şi poate spațiul şi timpul de asemenea, există ceva profund seducător în a identifica un nucleu comun într-un spectru larg de fenomene aparent distincte. Faptul că mecanismele interne ale vieții – de la cei doi câini ai mei care se odihnesc liniştiți pe covor la roiul haotic de insecte atrase de felinarul din apropierea ferestrei, la corul broaştelor care se înalță dinspre iazul învecinat şi la coioții pe care-i aud acum urlând în depărtare – se bazează pe aceleaşi procese moleculare e pur şi simplu impresionant. De aceea puneți deoparte amănuntele, luați o pauză înainte de încheierea capitolului şi lăsați ca această minunată revelație să-şi facă pe deplin efectul.

Evoluție înaintea evoluției

Înțelegerea unor probleme esențiale nu numai că oferă o claritate neaşteptată, dar ne stimulează să explorăm mai în profunzime. Cum a apărut strămoşul comun al tuturor ființelor vii? Şi, mai profund, cum a început viața? Oamenii de ştiință încă nu au rezolvat problema originilor vieții, dar din discuția noastră reiese că întrebarea are trei aspecte. Cum a apărut componenta genetică a vieții – capacitatea de a depozita, folosi şi reproduce informația? Cum a apărut componenta metabolică a vieții – capacitatea de a extrage, depozita şi folosi energia chimică? Cum a apărut împachetarea mecanismelor moleculare genetice şi metabolice în pungi autonome, celulele? Povestea originilor vieții necesită răspunsuri definitive la aceste întrebări, dar, chiar şi fără o înțelegere completă, putem apela la

un cadru explicativ – evoluția darwinistă – care va fi în mod aproape cert o parte integrantă a viitoarei narațiuni.

Când am aflat pentru prima oară despre evoluția darwinistă, profesorul meu de biologie a prezentat teoria ca pe o soluție inteligentă la o enigmă care, odată înțeleasă, ne face să ne lovim cu palma pe frunte şi să exclamăm: „Cum de nu m-am gândit la asta?“ Problema constă în a explica originea sortimentului bogat, variat şi abundent de specii care populează planeta Pământ. Soluția lui Darwin se reduce la două idei înrudite. Prima, când organismele se reproduc, urmaşii sunt în general asemănători, dar nu identici cu părinții lor. Sau, după cum spunea Darwin, reproducerea produce descendență cu modificări. A doua, într-o lume cu resurse finite există o competiție pentru supraviețuire. Acele modificări biologice care sporesc şansele de succes în competiție măresc probabilitatea ca purtătorul lor să supraviețuiască destul de mult timp pentru a se reproduce şi a transmite astfel generațiilor viitoare trăsăturile care sporesc şansele de supraviețuire. Cu timpul, diverse combinații de modificări reuşite se acumulează lent, făcând ca o populație inițială să se ramifice în grupuri care formează specii distincte.[29]

Simplă şi intuitivă, evoluția darwinistă pare aproape de la sine înțeleasă. Oricât de convingător ar fi însă cadrul ei explicativ, fără sprijinul datelor ea n-ar fi obținut consensul ştiințific. Logica nu-i suficientă. Încrederea în evoluția darwinistă se bazează pe sprijinul copleşitor primit din partea oamenilor de ştiință, care au urmărit schimbările treptate în structura organismelor şi au descris avantajele adaptative conferite de multe dintre ele. Dacă transformările acestea n-ar exista, sau dacă s-

ar fi produs fără nici un tipar evident, sau dacă n-ar avea nici o legătură cu capacitatea de supraviețuire sau de reproducere a purtătorului lor, şcolarii nu ar învăța despre evoluția darwinistă.

Darwin nu a precizat baza biologică pentru descendența cu modificări. Cum îşi transmit ființele vii trăsăturile către urmaşi? Şi cum ajung unele dintre acele trăsături să descindă într-o formă modificată? Pe vremea lui Darwin, răspunsurile nu erau cunoscute. Firește, toată lumea a observat că micuța Mary semăna cu mămica şi cu tăticul ei, dar înțelegerea mecanismului molecular pentru transmiterea trăsăturilor era încă la o distanță de multe descoperiri. Faptul că Darwin a putut elabora teoria evoluției în absența unor asemenea detalii dovedeşte generalitatea şi puterea ideilor. Ele transcend amănuntele de rutină. Abia peste aproape un secol, în 1953, elucidarea structurii ADN-ului a făcut vizibilă calea către o bază moleculară a eredității. Cu o reținere elegantă, Watson şi Crick şi-au încheiat articolul cu una dintre frazele cele mai celebre pentru modestia ei: „Nu a scăpat atenției noastre faptul că împerecherea specifică pe care am postulat-o sugerează imediat un posibil mecanism de copiere pentru materialul genetic.“

Watson şi Crick au dezvăluit procesul prin care viața duplichează moleculele care depozitează instrucțiunile interne ale celulei, permițând ca nişte copii ale acestora să fie transmise urmaşilor. Aşa cum am văzut, informația care dirijează funcționarea celulei e codificată în secvența de baze fixate de-a lungul catenelor scării spirale a ADN-ului. Când o celulă se pregăteşte să se reproducă, să se dividă în două, scara ADN-ului se scindează la mijloc, formând două catene, fiecare conținând o secvență de baze. Deoarece secvențele sunt

complementare (un A pe o catenă garantează că în poziția corespunzătoare de pe cealaltă catenă se află un T; un C pe o catenă garantează că în poziția corespunzătoare de pe cealaltă catenă se află un G), fiecare catenă oferă un model pentru a construi o copie a celeilalte. Ataşând bazele complementare celor de pe fiecare din catenele separate, celula creează două copii complete ale filamentului ADN originar. Când ulterior celula se divide, fiecare celulă-fiică primeşte una din copii, transmițând informația genetică de la o generație la următoarea – mecanismul de copiere care nu a scăpat atenției lui Watson şi Crick.

Aşa cum a fost descris, procesul de copiere ar produce filamente de ADN identice. Şi atunci cum pot să apară în celulele-fiică trăsături noi sau modificate? Prin erori. Nici un proces nu e 100% perfect. Deşi rare, greşelile vor apărea, uneori din întâmplare, iar alteori provocate de influențe ambientale precum fotonii energici – raze ultraviolete sau X – care pot altera procesul de copiere. E posibil aşadar ca secvența ADN moştenită de o celulă-fiică să difere de cea a părinților. Cel mai adesea, asemenea modificări nu au mare însemnătate, precum o singură greşeală de tipar la pagina 413 din *Război şi pace*. Dar unele pot influența funcționarea celulei, în bine sau în rău. Primele, sporind adaptarea la mediu, au şanse mai bune să fie transmise generațiilor ulterioare, iar astfel să se răspândească în rândurile populației.

Reproducerea sexuală adaugă complexitate, deoarece materialul genetic nu e pur şi simplu duplicat, ci se formează prin amestecul contribuțiilor de la cei doi părinți. Dar, deşi tipul acesta de reproducere – a cărui origine încă e dezbătută – a reprezentat un pas important în istoria

vieții pe Pământ, principiile darwiniste se aplică în egală măsură. Amestecul şi copierea materialului genetic produc variații ale trăsăturilor moştenite, iar cele care sporesc perspectivele de supraviețuire şi reproducere ale purtătorului au cele mai mari şanse să persiste de-a lungul generațiilor.

Un aspect esențial al evoluției este că în transmiterea de la părinți la urmaşi, modificările ADN-ului sunt de obicei puține la număr. Această stabilitate protejează ameliorările genetice acumulate pe durata generațiilor anterioare, asigurând că ele nu sunt rapid degradate sau eliminate. Pentru a ne forma o idee despre cât de rare sunt asemenea schimbări, erorile de copiere se strecoară într-o proporție de aproximativ una la fiecare sută de milioane de perechi de baze ale ADN-ului. Este ca şi cum un copist medieval ar greşi o singură literă la fiecare treizeci de copii ale Bibliei. Dar chiar şi această proporție minusculă e o supraestimare, fiindcă 99% dintre erori sunt reparate prin mecanisme de corectură chimică operând în interiorul fiecărei celule, reducând proporția netă a erorilor la aproximativ una la fiecare zece miliarde de perechi de baze.

Însă, chiar şi asemenea modificări genetice infime, când se acumulează de-a lungul unui număr foarte mare de generații, pot da naştere unor evoluții fizice şi fiziologice masive. Nu e un lucru evident. Cineva confruntat cu miracolul ochiului, capacitățile creierului sau complexitatea mecanismelor energetice ale celulei va conchide că aceste sisteme nu au putut să evolueze fără o inteligență călăuzitoare. Această concluzie ar fi justificată dacă dezvoltarea evolutivă ar avea loc pe durate de timp obişnuite. Dar nu se întâmplă aşa. Viața a evoluat timp de *miliarde* de ani. Adică *mii de milioane* de

ani. Dacă fiecare an ar fi reprezentat de o foaie de hârtie, atunci un miliard de ani ar corespunde unui teanc înalt de aproape o sută de kilometri. Imaginați-vă că acele pagini alcătuiesc un folioscop a cărui grosime depăşeşte de mai bine de zece ori înălțimea muntelui Everest. Chiar dacă desenul de pe fiecare pagină diferă foarte puțin de cel de pe pagina precedentă, desenele de la începutul şi sfârşitul teancului se pot deosebi la fel de mult ca un cimpanzeu de o amibă.

Asta nu înseamnă că schimbările evolutive urmează un plan conceput cu grijă, care progresează treptat şi eficient, pagină cu pagină, de la organismele simple la cele complexe. Dimpotrivă, evoluția prin selecție naturală e mai bine descrisă ca o inovație prin încercare şi eşec. Inovațiile apar din combinațiile şi mutațiile aleatorii ale materialului genetic. Încercările obligă inovațiile să lupte între ele în arena supraviețuirii. Eşecurile sunt, prin definiție, inovații care pierd. Este un mod de abordare a inovației care ar duce la faliment majoritatea afacerilor. A încerca la întâmplare o posibilitate după alta, sperând în zadar că mai devreme sau mai târziu una dintre ele se va dovedi câştigătoare… încercați să expuneți această strategie în fața consiliului vostru de administrație. Dar natura dispune din plin de o resursă care lipseşte afacerilor: timpul. Natura nu se grăbeşte şi nu trebuie să se încadreze într-un buget. Ea poate să-şi permită costul inovațiilor prin mici schimbări aleatorii.[30]

Un alt factor esențial este că nu a existat un singur folioscop evolutiv izolat. Fiecare diviziune celulară din fiecare organism care ocupă fiecare ungher şi cotlon al planetei a contribuit la narațiunea darwinistă. Unele dintre aceste linii evolutive au fost

un fiasco (modificările genetice s-au dovedit dăunătoare). Majoritatea nu au adus nimic nou scenariului în curs (materialul genetic s-a transmis neschimbat). Dar unele au produs întorsături neaşteptate (modificări genetice care au fost utile pentru adaptare) formând propriile lor folioscoape evolutive. Multe dintre acestea vor susține intrigi şi intrigi secundare interdependente, astfel încât narațiunea evolutivă dintr-un folioscop va fi influențată de aceea dintr-altele. Fără îndoială că în felul acesta bogăția vieții pe Pământ reflectă durata enormă a cronicilor evolutive, dar şi numărul enorm de cronici pe care le-a scris natura.

La fel ca orice domeniu de cercetare viabil, evoluția darwinistă a fost dezbătută şi rafinată de-a lungul deceniilor. În ce ritm evoluează speciile? Viteza variază mult sau puțin în decursul timpului? Există perioade lungi de stagnare urmate de perioade scurte de schimbare mai rapidă? Sau schimbarea e întotdeauna treptată? Ce să credem despre trăsăturile care pot reduce perspectivele de supraviețuire ale organismului, dar în acelaşi timp îi sporesc şansele de reproducere? Care e lista completă a mecanismelor prin care genele se pot modifica de la o generație la alta? Cum trebuie să reacționăm la lacunele din registrul evolutiv? Unele dintre aceste întrebări au dus la dispute ştiințifice aprinse, dar – şi acesta e esențialul – nici una nu a pus la îndoială evoluția însăşi. Amănuntele oricărui cadru explicativ pot, trebuie şi vor fi finisate cu timpul, dar fundamentul teoriei darwiniste e la fel de solid ca stânca.

Ceea ce conduce la întrebarea: cadrul evoluției darwiniste ar putea fi relevant într-un context mai larg decât viața? La urma urmei, ingredientele esențiale – replicarea, variația şi competiția – nu

sunt limitate la ființele vii. Imprimantele copiază pagini. Distorsiunile optice produc variații ale copiilor. Receptorul wireless al imprimantei concurează pentru o lărgime de bandă limitată. Să ne imaginăm apoi un context mai apropiat de viață decât imprimantele de birou, dar categoric neînsuflețit: molecule care au dobândit capacitatea de replicare. ADN-ul este un prim exemplu, de aceea să-l ținem minte. Dar replicarea ADN-ului – divizarea scării sale spirale şi reconstrucția ulterioară a catenelor componente în două molecule-fiică pe deplin mature – se bazează pe o armată de proteine celulare, şi prin urmare impune ca procesele vieții să existe deja.

Să ne imaginăm în schimb o moleculă care se poate replica de una singură, mult înainte ca undeva să fi apărut vreo formă de viață. Nu e nevoie să precizăm un anumit mecanism de replicare, dar pentru a ne forma o imagine concretă să presupunem că, atunci când pluteşte într-o supă bogată în substanțe chimice, tipul acesta de moleculă acționează ca un magnet molecular, atrăgând cu putere constituenții care o alcătuiesc şi oferind un şablon pentru asamblarea lor într-o imitație moleculară a sa. Să ne imaginăm de asemenea că procesul de replicare, la fel ca toate procesele din lumea reală, e imperfect. De cele mai multe ori, o moleculă nou sintetizată este identică cu originalul, dar uneori nu este. În decursul unui mare număr de generații moleculare, vom construi astfel un ecosistem populat de un spectru de molecule care sunt variații ale originalului.

În orice mediu, resursele, materia primă sunt întotdeauna limitate. Prin urmare, pe măsură ce ecosistemul de molecule continuă să se replice, cele care se replică cel mai eficient şi mai exact – repede,

economic, dar nicidecum scăpat de sub control – vor prevala. Asemenea molecule obțin titlul de cele mai „apte“, iar cu timpul vor ajunge să domine populația moleculară. Fiecare mutație ulterioară care apare datorită replicării imperfecte oferă noi modificări ale aptitudinii moleculare. În cazul lucrurilor neînsuflețite se întâmplă la fel ca în cazul celor vii: modificările care sporesc aptitudinea moleculară vor triumfa asupra celor care nu o sporesc. Fecunditatea mai mare a moleculelor mai apte înclină balanța demografică în favoarea lor.

Am prezentat aici o versiune moleculară a evoluției – *darwinism molecular*. Ea arată că grupuri de particule care interacționează, ghidate numai de legile fizicii, pot deveni tot mai experte în reproducere – ceva ce de obicei asociem cu viața. În căutarea originilor vieții, asta sugerează că darwinismul molecular ar fi putut constitui un mecanism esențial în perioada premergătoare apariției primei forme de viață. O versiune a acestei propuneri care, deşi departe de consens, şi-a câştigat un număr mare de adepți se bazează pe o moleculă specială, cu talente multiple: ARN.

Spre originile vieții

În anii 1960, câțiva cercetători proeminenți, între care Francis Crick, chimistul Leslie Orgel şi biologul Carl Woese, au atras atenția asupra unui văr apropiat al ADN-ului, numit ARN (acid ribonucleic), care în urmă cu aproximativ patru miliarde de ani ar fi putut demara o fază a darwinismului molecular care a fost precursoarea vieții.

ARN-ul este o moleculă extraordinar de versatilă şi o componentă esențială a tuturor sistemelor vii.

Ne-o putem imagina ca pe o versiune mai scurtă, unilaterală a ADN-ului, formată dintr-o singură catenă de-a lungul căreia e ataşată o secvență de baze. Între feluritele sale roluri în celulă, ARN-ul este un mediator chimic care copiază diverse mici secțiuni ale unui filament de ADN „desfăcut“, similar modului în care un dentist poate lua un mulaj al danturii atunci când separăm maxilarele, şi transportă informația către alte părți ale celulei, unde dirijează sinteza unor proteine specifice. La fel ca ADN-ul, moleculele de ARN încorporează informația celulară, şi în felul acesta sunt o componentă a software-ului celulei. Dar există o deosebire importantă între ADN şi ARN: în vreme ce ADN-ul se mulțumeşte să fie oracolul unei celule, un izvor de înțelepciune care îndrumă activitatea celulară, ARN-ul e dispus să efectueze munca manuală a proceselor chimice. Într-adevăr, ribozomii celulei – uzine în miniatură care unesc între ei aminoacizii pentru a produce proteine – au în centrul lor un anumit tip de ARN (ARN ribozomal).

Prin urmare ARN-ul este atât software, cât şi hardware. El poate deopotrivă să dirijeze şi să catalizeze reacțiile chimice. Iar unele dintre aceste reacții promovează replicarea ARN-ului însuşi. În vreme ce maşinăria moleculară care face copii ale ADN-ului foloseşte un set elaborat de roți dințate şi angrenaje, ARN-ul poate promova el însuşi sinteza perechilor de baze necesare pentru propria sa replicare. Să reflectăm asupra consecinței. Moleculele de ARN, îmbinând părțile de software şi hardware, pot evita dilema cu oul şi găina: Cum asamblezi hardware-ul molecular fără ca în prealabil să dispui de software-ul molecular, instrucțiunile de asamblare? Cum sintetizezi software-ul molecular

fără ca în prealabil să dispui de hardware-ul molecular, infrastructura necesară pentru sinteză? Încorporând ambele funcții, ARN-ul contopeşte oul şi găina, iar astfel are capacitatea să inaugureze o eră a darwinismului molecular.

Aceasta e ipoteza despre Lumea ARN. Ea imaginează că, înainte de a fi existat viață, a existat o lume plină cu molecule de ARN, care prin darwinism molecular a evoluat, pe durata unui număr aproape incalculabil de generații, în structurile chimice care au constituit primele celule. Deşi amănuntele sunt provizorii, oamenii de ştiință au schițat cum ar fi putut să arate faza aceasta a evoluției moleculare. În anii 1950, laureatul Nobel Harold Urey şi doctorandul său Stanley Miller au amestecat gaze (hidrogen, amoniac, metan, vapori de apă) despre care credeau că au constituit atmosfera primordială a Pământului, au supus aceste cocteiluri gazoase unor curenți electrici pentru a simula fulgerele şi au făcut anunțul celebru că mâzga maronie rezultată conținea aminoacizi, cărămizile de construcție ale proteinelor. Deşi cercetări ulterioare au arătat că amestecurile gazoase studiate inițial de Miller şi Urey nu reflectau exact compoziția chimică a atmosferei primordiale a Pământului, experimente similare efectuate cu alte cocteiluri gazoase care o reflectau mai bine (inclusiv un amestec preparat chiar de Miller şi Urey pentru a modela emanațiile toxice ale vulcanilor activi şi care, în mod curios, a rămas neanalizat timp de peste o jumătate de secol[31]) au reuşit la fel de bine să genereze aminoacizi. Mai mult, aminoacizi au fost acum detectați în norii interstelari, în comete şi în meteoriți. Prin urmare, e plauzibil ca pe tânărul Pământ să fi existat o supă chimică în care moleculele replicatoare de ARN erau amestecate cu

un sortiment bogat de aminoacizi.

Să ne imaginăm apoi că, în timp ce moleculele de ARN continuau să se replice, o mutație aleatorie a facilitat ceva nou: ARN-ul mutant a făcut ca unii aminoacizi din supa înconjurătoare să se unească în lanțuri, producând primele proteine rudimentare (o versiune grosieră a tipului de procese care au loc în prezent în ribozomi). Dacă din întâmplare unele dintre aceste proteine de bază au mărit eficiența replicării ARN-ului – la urma urmei, catalizarea reacțiilor e una dintre atribuțiile proteinelor –, ele au fost răsplătite cu dărnicie: proteinele vor conduce forma mutantă de ARN la dominație, iar abundența de ARN mutant va ajuta la sinteza unei cantități mai mari de proteine. În tandem, ele vor constitui o buclă chimică autoîntreținută care va face ca aberațiile moleculare haotice să devină norma. Cu timpul, manevrele moleculare continue au putut da peste o altă noutate chimică, o scară cu două catene – o formă rudimentară de ADN – care s-a dovedit a fi o structură mai stabilă şi mai eficientă pentru replicarea moleculară, iar astfel a uzurpat treptat procesele de replicare, retrogradând ARN-ul la un rol secundar. Formarea întâmplătoare a unor pungi moleculare – pereții celulei – va spori şi mai mult această aptitudine, concentrând substanțe chimice în regiunile sechestrate şi oferind protecție în fața perturbațiilor din mediul înconjurător. Răspândindu-se în întreaga populație chimică, se vor asambla structurile necesare pentru primele celule rudimentare.[32]

Se va naşte viața.

Lumea ARN e doar una dintre numeroasele propuneri. Este un exemplu care acordă importanță deosebită componentei genetice a vieții: molecule care încorporează informație, şi prin replicare o

transmit generațiilor următoare. Chiar dacă presupunerea aceasta ar fi corectă, tot ar mai trebui să abordăm originea ARN-ului însuşi; poate că un stadiu şi mai vechi al evoluției moleculare a generat ARN-ul din componente chimice mai simple. Alte propuneri pun mai mare accent pe componenta metabolică a vieții: molecule care catalizează reacții. În locul unei molecule care se replică şi poate să acționeze ca o proteină, aceste scenarii încep cu molecule de proteine care se pot replica. Iar alte propuneri au în vedere două evoluții complet distincte, una ducând la molecule care se replică, şi alta la molecule care catalizează reacții chimice, iar abia ulterior aceste procese fuzionează în celule capabile să îndeplinească funcțiile de bază ale reproducerii şi metabolismului.

Abundă de asemenea propunerile privind locul unde s-au format prima oară precursorii chimici ai vieții. Unii cercetători au conchis că sugestia improvizată a lui Darwin despre un „mic iaz cald“ nu e foarte promițătoare, dat fiind că timp de sute de milioane de ani pe Pământ a plouat cu sfărâmături de roci, făcând suprafața cu totul neospitalieră.[33] Dar chiar şi aşa, biologul David Deamer a sugerat că pentru originea vieții este esențial un mediu care să alterneze între umed şi uscat, ca de pildă malul unui iaz sau al unui lac. Cercetările echipei sale au demonstrat că o astfel de alternanță între umed şi uscat poate determina lipidele să formeze membrane – pereți celulari – în interiorul cărora este favorizată conectarea fragmentelor moleculare în lanțuri mai lungi, asemănătoare cu ARN-ul şi ADN-ul.[34] Chimistul Graham Cairns-Smith a propus ideea că cristalele care alcătuiesc straturile argiloase – structuri care cresc înglobând continuu atomi într-un tipar repetitiv, ordonat – au putut constitui un sistem

de replicare timpuriu care a fost precursorul unui asemenea comportament în molecule organice mai complexe, aflate pe drumul către viață.[35] Un alt candidat convingător, sugerat şi analizat de geochimistul Mike Russell şi biologul Bill Martin, sunt fisurile de pe fundul oceanului care emană nori calzi, bogați în minerale, generați prin interacțiunea apei de mare cu rocile care constituie mantaua terestră.[36] Aceste aşa-numite orificii hidrotermale alcaline precipită hornuri calcaroase care se ridică de pe fundul oceanului – unele cresc până la o înălțime de peste cincizeci de metri, mai înalte decât Statuia Libertății –, pline de găuri şi crăpături prin care se revarsă fără întrerupere un şuvoi energic de substanțe chimice. Conform acestei propuneri, în numeroasele vârtejuri care se formează în interiorul turnurilor, darwinismul molecular îşi exercită magia chimică, producând replicatori care cu timpul câştigă în complexitate şi sofisticare, iar în cele din urmă dau naştere vieții pe Pământ.

Amănuntele fac obiectul cercetării de vârf. Până în prezent, încercările de a recrea în laborator aceste procese au dus la rezultate interesante, dar neconcludente. Încă n-am reuşit să creăm viața pornind de la zero. Dar nu mă îndoiesc că într-o zi, poate nu foarte îndepărtată, vom reuşi. Între timp se conturează o narațiune ştiințifică amplă despre originile vieții. Odată ce moleculele dobândesc capacitatea de replicare, erorile întâmplătoare şi mutațiile vor alimenta darwinismul molecular, împingând mixturile chimice în direcția fundamentală a creşterii aptitudinii. Desfăşurat pe durata a sute de milioane de ani, procesul are capacitatea de a construi arhitectura chimică a vieții.

Fizica informației

În punctul acesta s-ar putea trage concluzia că moleculele vieții sunt experte în chimie organică. Altminteri cum ar şti ele ce trebuie să facă? De unde ştie ADN-ul să se despice la mijloc şi să ataşeze bazele complementare acelora pe care le-a expus, creând o moleculă duplicat? De unde ştie ARN-ul să copieze secțiuni ale ADN-ului, să transporte informația respectivă la structurile celulare corespunzătoare, unde alte molecule, distincte, dar înrudite, ştiu cum să citească codul genetic şi să unească secvențele adecvate de aminoacizi în proteine funcționale?

Fireşte că moleculele nu ştiu nimic. Comportamentul lor e guvernat de legile oarbe, inconştiente şi neşcolite ale fizicii. Dar întrebarea rămâne: Cum îndeplinesc ele într-un mod sistematic şi demn de încredere o serie uimitor de complicată de procese chimice complexe? Este o întrebare care revine la parafraza mea a problemei fundamentale a lui Schrödinger din *Ce este viața?*: Agitația şi vibrațiile moleculelor dintr-o piatră sunt guvernate de legile fizicii. Agitația şi vibrațiile moleculelor dintr-un iepure sunt guvernate tot de legile fizicii. Care e deosebirea? Ştim acum că particulele care alcătuiesc iepurele sunt ghidate de o influență suplimentară: arhiva sa internă de informații, software-ul său celular. Fapt important, esențial, vital: Informația aceasta nu înlocuieşte legile fizicii. Nimic nu le poate înlocui. În schimb, la fel cum un tobogan acvatic nu înlocuieşte legea gravitației, ci prin forma sa îi conduce pe utilizatori de-a lungul unei anumite traiectorii pe care altminteri ei nu ar urma-o, software-ul celular al iepurelui funcționează grație unor aranjamente chimice, care prin forma, structura şi constituenții lor ghidează diverse molecule de-a lungul unor traiectorii pe care,

altminteri, nici ele nu le-ar urma.

Cum funcționează asemenea ghiduri moleculare? Datorită modului cum sunt dispuşi atomii săi constituenți, o moleculă poate să atragă aminoacidul acesta, să-l respingă pe acela şi să fie complet indiferentă față de alții. Sau, la fel ca piesele de Lego complementare, o moleculă dată se poate îmbina doar cu o anumită altă moleculă. Toate acestea sunt fizică. Atunci când atomii şi moleculele se resping, se atrag sau se îmbină, e vorba de acțiunea forței electromagnetice. Esențial, aşadar, este că informația conținută într-o celulă nu e abstractă. Ea nu este un set separat de instrucțiuni pe care moleculele trebuie să-l studieze, să-l memoreze şi să-l execute. În schimb, informația e codificată în configurațiile moleculare, configurații care determină moleculele să se ciocnească, să se unească sau să interacționeze într-un mod care efectuează procese celulare cum ar fi creşterea, regenerarea sau reproducerea. Deşi moleculele dintr-o celulă sunt lipsite de intenție sau scop, şi deşi sunt complet inconştiente, structura lor fizică le permite să îndeplinească sarcini foarte specializate.

În acest sens, procesele biologice sunt meandre moleculare descrise complet de legile fizice, care în acelaşi timp spun o poveste de nivel superior bazată pe informație. În cazul pietrei nu există o poveste de nivel superior. Folosim legile fizicii pentru a descrie ciocnirile şi agitația moleculelor pietrei, şi cu asta am terminat. Dar atunci când folosim aceleaşi legi ale fizicii pentru a descrie ciocnirile şi agitația moleculelor unui iepure, nu am terminat. Nici pe departe. Peste povestea reducționistă se suprapune o întreagă poveste suplimentară despre configurațiile moleculare interne unice ale iepurelui, care coregrafiază o gamă admirabilă de mişcări

moleculare organizate. Iar aceste mişcări moleculare îndeplinesc procese de nivel superior în interiorul celulelor iepurelui.

Într-adevăr, pentru iepure, ca şi pentru noi de altfel, această informație biologică este organizată de asemenea la scări mai vaste, procese de ghidare care acționează nu doar în celule individuale, ci şi între ansambluri de celule, creând semnul distinctiv al complexității coordonate. Când întindem mâna după o ceaşcă de cafea, mişcarea fiecărui atom constituent al fiecărei molecule din mâna, brațul, corpul şi creierul nostru sunt guvernate în întregime de legile fizicii. Repet: viața nu contravine şi nu poate să contravină legilor fizicii. Nimic n-o poate face. Dar faptul că un număr enorm de molecule din corpul nostru pot acționa la unison, coordonându-şi mişcarea de ansamblu pentru a face ca brațul să se întindă peste masă, şi mâna să apuce ceaşca, reflectă bogăția informației biologice care, încorporată în configurațiile atomice şi moleculare, dirijează o mulțime de procese moleculare complexe.

Viața este fizică orchestrată.

Termodinamica şi viața

Potrivit lui Darwin, evoluția ghidează dezvoltarea structurilor de la molecule la celule individuale şi la organisme multicelulare complexe. Potrivit lui Boltzmann, entropia consemnează dezvoltarea sistemelor fizice, de la aromele care se răspândesc, la zgomotoasele motoare cu aburi şi la stelele incandescente. Viața e supusă acestor două influențe călăuzitoare: ea a apărut şi a fost perfecționată prin evoluție şi, la fel ca toate sistemele fizice, se conformează dictatelor entropiei. În ultimele două capitole din *Ce este viața?*, Schrödinger a explorat

tensiunea aparentă dintre cele două. Când materia se combină pentru a da naştere vieții, ea menține ordinea perioade lungi de timp. Iar atunci când viața se reproduce, ea generează ansambluri suplimentare de molecule care sunt de asemenea aranjate în structuri ordonate. Unde în toate acestea sunt entropia, dezordinea şi legea a doua a termodinamicii?

În răspunsul său, Schrödinger a explicat că organismele se opun creşterii entropiei „hrănindu-se cu entropie negativă“[37], o formulare care de-a lungul deceniilor a generat puțină confuzie şi critici cârcotaşe. Dar e clar că, deşi exprimat într-un limbaj oarecum diferit, răspunsul lui Schrödinger coincide cu cel dat de noi: pasul în doi entropic. Ființele vii nu sunt izolate, aşa încât orice bilanț al legii a doua trebuie să includă mediul lor. Să luăm exemplul meu. Timp de peste o jumătate de secol, am reuşit să evit ca entropia mea să crească peste măsură. Am făcut asta consumând structuri ordonate (mai ales legume, fructe uscate şi cereale), arzându-le lent (prin reacții redox, electronii din alimente coboară în cascadă treptele stadionului şi sfârşesc prin a se combina cu oxigenul pe care l-am inhalat), folosind energia eliberată pentru alimentarea unor diverse activități metabolice şi eliminând entropie în mediu prin reziduuri şi căldură. Una peste alta, pasul în doi a permis pare-se entropiei mele să dea cu tifla legii a doua, în vreme ce mediul înconjurător mi-a acoperit cu sârguință spatele, preluând diferența de entropie. Procesul de ardere, depozitare şi eliberare de energie pentru alimentarea funcțiilor celulare e mai complicat decât procesele corespunzătoare care alimentează motoarele cu aburi, dar din punctul de vedere al entropiei fizica esențială este aceeaşi.

Dincolo de opțiunea de limbaj a lui Schrödinger,

o preocupare mai puțin pedantă este originea hranei de calitate superioară şi cu entropie scăzută. Dacă de la animale coborâm pe lanțul trofic, întâlnim plantele, care se hrănesc direct cu lumină solară. Ciclul lor energetic oferă un alt exemplu al pasului în doi entropic. Fotonii solari incidenți absorbiți de celulele plantei aruncă electronii în stări cu energie superioară, pe care apoi maşinăria celulară o foloseşte (prin intermediul unei serii de reacții redox care ghidează electronii să coboare treptele stadionului) pentru a alimenta diverse funcții ale celulei. Fotonii solari sunt aşadar hrana de calitate, cu entropie scăzută, pe care plantele o absorb, o utilizează pentru procesele vieții, iar apoi o eliberează într-o formă degradată cu entropie mai înaltă (pentru fiecare foton primit de la Soare, Pământul trimite înapoi în spațiu un ansamblu mai puțin ordonat de două duzini de fotoni infraroşii, cu energia diminuată şi foarte dispersați).[38]

Urmând şi mai departe pista către sursa de entropie scăzută, căutăm originea Soarelui, care se leagă de povestea gravitațională din capitolul 3: gravitația comprimă norii de gaz formând stele, reduce entropia internă şi, prin căldura eliberată, creşte entropia mediului înconjurător. Până la urmă se declanşează reacțiile nucleare, stelele se aprind şi emit spre exterior fotoni. În cazul Soarelui, fotonii care ajung pe Pământ sunt sursa de energie cu entropie scăzută care alimentează metabolismul plantelor, explicând astfel de ce cercetătorii spun adesea că forța gravitațională susține viața. Deşi e adevărat, ştiți de acum că îmi place să atribui meritele mai echitabil, lăudând gravitația, fiindcă face materia să se condenseze şi asigură medii stelare stabile, dar totodată elogiind fuziunea nucleară, fiindcă produce un flux constant de fotoni

de calitate înaltă timp de milioane şi miliarde de ani.

Forța nucleară, în tandem cu gravitația, este o sursă de combustibil cu entropie scăzută care întreține viața.

O teorie generală a vieții?

În conferințele sale din 1943, Schrödinger a subliniat că torentul progreselor ştiințifice fusese atât de intens, încât „a devenit practic imposibil ca o singură minte să stăpânească pe deplin mai mult decât o mică porțiune specializată“.[39] În consecință, el a încurajat gânditorii să-şi extindă domeniul competențelor explorând tărâmuri în afara teritoriului obişnuit al tradiției lor intelectuale. În *Ce este viața?* el a aplicat pregătirea, intuiția şi sensibilitatea unui fizician la enigmele biologiei.

În deceniile scurse de atunci, pe măsură ce s-a accentuat specializarea cunoaşterii, numeroşi cercetători au continuat să lanseze chemarea interdisciplinară a lui Schrödinger. Mulți au răspuns. Cercetători cu pregătire în diverse domenii, între care fizica energiilor înalte, mecanică statistică, informatică, teoria informației, chimie cuantică, biologie moleculară şi astrobiologie, au elaborat metode noi şi ingenioase pentru a testa natura vieții. Voi încheia acest capitol concentrându-mă asupra unui astfel de progres care extinde tema noastră termodinamică şi, dacă programul reuşeşte, poate că într-o zi ne va ajuta să răspundem la unele dintre întrebările cele mai profunde ale ştiinței: ar putea fi viața atât de improbabilă, încât să fi apărut o singură dată într-un univers care conține sute de miliarde de galaxii, fiecare cu sute de miliarde de stele, în jurul multora dintre ele orbitând planete? Sau viața este rezultatul firesc, poate chiar inevitabil, al anumitor

condiții ambientale de bază, sugerând un cosmos în care viața abundă?

Pentru abordarea unor întrebări atât de ample avem nevoie de principii cu o amplitudine comparabilă. Am văzut deja suficiente dovezi despre vasta aplicabilitate a termodinamicii, singura teorie fizică despre care Einstein putea afirma fără rezerve că „nu va fi niciodată răsturnată“.[40] Poate că analizând natura vieții – originea şi evoluția ei – vom putea extinde şi mai mult perspectiva termodinamică.

Este exact ceea ce au făcut oamenii de ştiință în ultimele câteva decenii. Disciplina de cercetare care a apărut (numită *termodinamică de neechilibru*) analizează sistematic tipurile de situații cu care ne-am întâlnit deja în repetate rânduri: o energie de calitate înaltă care străbate un sistem, alimentând pasul în doi entropic şi permițând astfel sistemului să se opună tendinței către dezordine internă, care altminteri ar prevala. Specialistul belgian în chimie fizică Ilya Prigogine, căruia în 1977 i s-a decernat Premiul Nobel pentru munca sa de pionierat în domeniu, a dezvoltat aparatul matematic pentru analizarea acelor configurații ale materiei care, atunci când sunt supuse unei surse continue de energie, pot deveni în mod spontan ordonate – ceea ce Prigogine numea „ordine din haos“. Dacă ați avut un curs bun de fizică la liceu, ați întâlnit poate un exemplu simplu, dar impresionant: celulele Bénard. Încălziți o farfurie întinsă care conține ulei vâscos. La început nu se întâmplă mare lucru. Dar, pe măsură ce măriți energia care circulă prin lichid, mişcările moleculare aleatorii conspiră pentru a face ordinea vizibilă. Privind uleiul de sus, veți observa că el formează un mozaic de mici celule hexagonale. Privind din lateral, veți vedea că

lichidul curge urmând un tipar ciclic stabil şi regulat, de la baza fiecărei celule până în partea ei superioară şi înapoi.

Din punctul de vedere al legii a doua a termodinamicii, o asemenea ordine spontană este cu totul neaşteptată. Ea apare din cauză că moleculele lichidului sunt supuse unei influențe ambientale specifice: ele sunt continuu încălzite de flacără. Iar injectarea persistentă de energie are un impact semnificativ. În orice sistem vor exista ocazional fluctuații spontane care formează temporar un mic tipar ordonat, localizat. De regulă, asemenea fluctuații minuscule se dispersează rapid într-o formă dezordonată. Dar analiza lui Prigogine a arătat că, atunci când moleculele formează anumite tipare speciale, ele devin excepțional de capabile să absoarbă energie, iar aceasta le asigură o soartă diferită. Dacă sistemul fizic primeşte un flux constant de energie concentrată din partea mediului, tiparele moleculare speciale pot folosi energia pentru a-şi menține sau chiar amplifica forma ordonată, concomitent cu deversarea înapoi în mediu a unei forme degradate din acea energie (mai puțin accesibilă, mai dispersată). Tiparele ordonate se spune că disipează energia, şi de aceea sunt numite *structuri disipative*. Entropia totală, incluzând-o pe cea a mediului, creşte, dar pompând în mod constant energie într-un sistem, putem crea şi menține ordinea prin intermediul unui pas în doi entropic susținut.

Descrierea lui Prigogine e similară cu explicația fizică, formulată încă de Schrödinger, a modului în care organismele împiedică degradarea entropică. Evident, celulele Bénard nu sunt vii, dar ființele vii sunt de asemenea structuri disipative, absorbind energie din mediu, folosind-o pentru a-şi menține

sau consolida forma ordonată, şi eliberând înapoi în mediu o formă degradată a acelei energii. Rezultatele lui Prigogine au oferit o articulare matematică precisă a sloganului său „ordine din haos“: ulterior, mulți cercetători au speculat că matematica ar putea fi dezvoltată în continuare, permițându-ne poate să înțelegem felul cum moleculele ordonate necesare vieții au apărut din haosul mişcărilor moleculare de pe Pământul primordial.

Dintre numeroasele contribuții la acest program, lucrările recente ale lui Jeremy England (care extind rezultate anterioare ale unor cercetători precum Christopher Jarzynski şi Gavin Crooks) prezintă un interes aparte.[41] Prin manipulări matematice ingenioase, England a dezvăluit implicațiile celei de-a doua legi a termodinamicii atunci când e aplicată unor sisteme alimentate de o sursă de energie externă. Pentru a vă forma o idee despre acest rezultat, imaginați-vă că sunteți pe un leagăn într-un parc. Aşa cum prin intuiție ştie orice copil, trebuie să-ți balansezi picioarele (şi să-ți înclini corpul) în ritmul adecvat pentru a menține leagănul într-o mişcare ritmică, agreabilă. Iar acel ritm, potrivit fizicii elementare, depinde de distanța dintre scaun şi axul leagănului. Dacă îți balansezi picioarele într-un ritm nepotrivit, discordanța va împiedica leagănul să absoarbă în mod eficient energia pe care i-o furnizezi, şi nu te vei ridica prea mult. Imaginați-vă însă că leagănul acesta special are o caracteristică neobişnuită: în timp ce balansați picioarele, lungimea lui se modifică, el ajustându-şi perioada mişcării în acord cu cea a picioarelor voastre. Această „adaptare“ permite leagănului să intre rapid în ritm, să preia energia pe care i-o furnizați şi să atingă repede o înălțime satisfăcătoare

în fiecare ciclu. După aceea, energia produsă de balansul picioarelor e absorbită de leagăn, dar nu-l mai ridică şi mai sus. În schimb, energia pe care o furnizați îl menține într-o mişcare constantă, compensând forțele de frecare şi producând, în proces, reziduuri (căldură, sunet etc.) care sunt disipate în mediu (asta presupunând că nu sunteți la fel de imprudenți ca fiica mea, care aşteaptă ca leagănul să ajungă în punctul cel mai înalt pentru a sări de pe scaun şi a disipa apoi energia rostogolindu-se pe pământ).

Analizele matematice ale lui England au arătat că în domeniul molecular particulele care sunt „împinse“ de o sursă de energie externă pot avea o experiență analoagă cu escapada voastră pe terenul de joacă. Un ansamblu inițial dezordonat de particule îşi poate adapta configurația pentru „a intra în ritm“ – a forma un aranjament care absoarbe într-un mod mai eficient energia din mediul înconjurător, o foloseşte pentru a menține sau amplifica mişcarea sau structura internă ordonată, după care disipează înapoi în mediu o formă degradată a acelei energii.

England numeşte acest proces *adaptare disipativă*. El propune un mecanism universal care poate convinge anumite sisteme moleculare să se ridice şi să danseze pasul în doi entropic. Şi fiindcă astfel îşi asigură existența ființele vii – ele absorb energie de calitate înaltă, o folosesc, iar apoi restituie energie de calitate joasă sub formă de căldură şi alte reziduuri –, poate că adaptarea disipativă a fost esențială pentru originea vieții.[42] England semnalează că replicarea în sine e un instrument puternic de adaptare disipativă: dacă un ansamblu mic de particule a devenit eficient în absorbirea, folosirea şi eliminarea energiei, atunci două asemenea ansambluri sunt mai eficiente, şi cu

atât mai mult patru, opt etc. S-ar putea atunci ca molecule capabile de replicare să fie un rezultat *previzibil* al adaptării disipative. Iar odată cu apariția pe scenă a unor molecule reproducătoare, darwinismul molecular devine activ, şi marşul către viață începe.

Ideile acestea abia încep să se contureze, dar sunt convins că ele l-ar fi făcut fericit pe Schrödinger. Folosind principii fizice fundamentale, am elaborat explicații pentru big bang, formarea stelelor şi planetelor, sinteza atomilor complecşi, iar acum determinăm modul cum acei atomi se pot aranja în molecule reproducătoare bine adaptate pentru a extrage energie din mediu în scopul construirii şi menținerii unor forme ordonate. Dată fiind puterea darwinismului molecular de a selecta ansambluri moleculare tot mai bine adaptate, ne putem imagina că unele dintre ele au dobândit capacitatea de a depozita şi transmite informația. Un manual de instrucțiuni transmis de la o generație moleculară la următoarea, care păstrează strategii de adaptare bine verificate, este o forță puternică pentru supremația moleculară. Acționând de-a lungul a sute de milioane de ani, aceste procese au putut modela treptat primele forme de viață.

Indiferent dacă detaliile acestor idei vor supraviețui sau nu viitoarelor descoperiri, o schiță a istoriei vieții în conformitate cu fizica prinde contur. Iar dacă acea istorie se dovedeşte a fi atât de generală pe cât sugerează lucrări recente, viața ar putea fi un atribut comun al cosmosului. Dar oricât de captivant ar fi acest fapt, una e viața, şi cu totul alta viața inteligentă. A găsi microbi pe Marte sau pe Europa, satelitul lui Jupiter, ar fi o descoperire monumentală. Dar ca ființe gânditoare, comunicative, creative, am fi tot singuri.

Şi atunci, care e drumul de la viață la conştiință?

---

9. MichaeI NeIson Trout (n. 1991) este un jucător american profesionist de baseball, supranumit „meteoritul din Millville“ (n. tr.).

10. *Obsessive Compulsive Disorder*, tulburare obsesiv-compulsivă, tulburare psihică în care o persoană e obsedată de anumite gânduri sau simte nevoia să repete nejustificat anumite gesturi (n. tr.).

5. PARTICULELE ŞI CONŞTIINȚA

De la viață la minte

Undeva între primele celule procariote din urmă cu patru miliarde de ani şi cei nouăzeci de miliarde de neuroni ai creierul omenesc, încâlciți într-o rețea de o sută de bilioane de conexiuni sinaptice, a apărut capacitatea de a gândi şi a simți, a iubi şi a urî, a se teme şi a năzui, a sacrifica şi a venera, a imagina şi a crea – capacități nou descoperite care vor declanşa deopotrivă înfăptuiri spectaculoase şi distrugeri incalculabile. „Căci totul începe prin conştiință, şi nimic nu are valoare decât prin ea“[1], după cum spunea Albert Camus. Până în anii din urmă însă, conştiința a fost un cuvânt indezirabil în ştiințele empirice. Sigur, cercetătorilor şovăielnici aflați la apusul carierei li se poate ierta dacă-şi îndreaptă atenția asupra subiectului marginal al minții, dar curentul principal al cercetării ştiințifice are ca scop înțelegerea realității obiective. Iar pentru mulți, mult timp, conştiința nu s-a încadrat aici. Vocea care pălăvrăgeşte în capul tău, ei bine, ea poate fi auzită numai în capul tău.

Este o atitudine paradoxală. Maxima lui Descartes „Cogito, ergo sum“ rezumă contactul nostru cu realitatea. Tot restul ar putea fi o iluzie, dar gândirea e un lucru de care şi scepticul inveterat poate fi sigur. Şi, în pofida jocului de cuvinte al lui Ambrose Bierce „Gândesc că gândesc, prin urmare gândesc că exist“[2], pledoaria în favoarea existenței e convingătoare. Pentru ştiință, a nu acorda atenție conştiinței ar echivala cu a întoarce spatele

singurului lucru pe care ne putem bizui. Într-adevăr, timp de mii de ani mulți au negat caracterul final al morții legându-şi speranțele existențiale de conştiință. Corpul moare. Acesta e un fapt vizibil, evident, incontestabil. Dar vocea noastră lăuntrică aparent persistentă, precum şi bogăția de gânduri, senzații şi emoții care umplu fiecare dintre lumile noastre subiective vorbesc despre o prezență eterică, pe care unii şi-au imaginat-o exterioară faptelor mundane ale existenței fizice. Atman, anima, suflet nemuritor – i s-au dat multe nume, dar toate desemnează credința că sinele conştient ține de ceva care supraviețuieşte formei fizice, ceva care transcende ştiința mecanicistă tradițională. Mintea ne leagă nu doar de realitate, dar poate că şi de eternitate.

Aici se află un indiciu mai revelator privind motivul pentru care ştiințele empirice au respins mult timp tot ce are legătură cu conştiința. Ştiința reacționează la discursuri despre tărâmuri care transcend legile fizicii cu o grimasă exasperată, un stânga-împrejur şi o grabnică întoarcere în laborator. Disprețul acesta reprezintă atitudinea ştiințifică dominantă, dar totodată scoate în evidență o lacună critică în narațiunea ştiințifică. Nu am reuşit încă să articulăm o explicație ştiințifică robustă a experienței conştiente. Nu dispunem de o descriere convingătoare a modului în care conştiința face manifestă o lume personală de imagini, sunete şi senzații. Nu putem încă răspunde, cel puțin nu cu toată convingerea, la afirmațiile care situează conştiința în afara ştiinței convenționale. E puțin probabil ca lacuna să fie umplută curând. Aproape toți cei care au reflectat asupra gândirii îşi dau seama că a descifra conştiința, a explica lumile noastre interioare în termeni pur ştiințifici reprezintă

una dintre cele mai formidabile provocări.

Isaac Newton a aprins flacăra ştiinței moderne când a descoperit tipare în porțiunile realității accesibile simțurilor şi le-a codificat în legile sale ale mişcării. În secolele scurse de atunci, ne-am dat seama că pentru a merge dincolo de Newton e necesar să deschidem trei căi distincte: Trebuie să înțelegem realitatea la scări mult mai mici decât a avut în vedere Newton, o cale care ne-a dus la fizica cuantică, care a explicat comportamentul particulelor fundamentale şi, între multe altele, procesele biochimice aflate la baza vieții. Trebuie să înțelegem realitatea la scări mult mai mari decât a avut în vedere Newton, o cale care ne-a dus la relativitatea generală, care a explicat gravitația şi, între multe altele, formarea stelelor şi a planetelor, esențiale pentru apariția vieții. Cât priveşte a treia frontieră, cea mai labirintică dintre toate, trebuie să înțelegem realitatea la scări mult mai complexe decât a avut în vedere Newton, o cale despre care anticipăm că ne va conduce la o explicație a modului în care ansambluri mari de particule pot fuziona pentru a produce viața şi a genera mintea.

Exersându-şi forța intelectuală asupra unor probleme mult simplificate – ignorând, de exemplu, structurile interne agitate ale Soarelui şi ale planetelor şi tratându-le ca pe nişte sfere solide –, Newton a procedat corect. Arta ştiinței, în care Newton era maestru, constă în a opera simplificări judicioase care fac problemele abordabile, reținând totodată suficient din esența lor pentru a garanta că concluziile trase sunt relevante. Dificultatea constă în faptul că simplificările eficiente pentru o categorie de probleme pot fi mai puțin eficiente pentru altele. Considerați planetele sfere solide, şi le puteți calcula traiectoriile cu uşurință şi precizie.

Consideraţi capul omenesc o sferă solidă, iar concluziile despre natura minţii vor fi mai puţin edificatoare. Dar a renunţa la aproximaţiile neproductive şi a dezvălui mecanismele interne ale unui sistem conţinând atât de multe particule precum creierul – un scop vrednic de laudă – ar presupune stăpânirea unui nivel de complexitate care depăşeşte considerabil posibilităţile celor mai sofisticate metode matematice şi de calcul actuale.

Ce s-a schimbat în ultimii ani este că am căpătat acces la caracteristici observabile şi măsurabile ale activităţii cerebrale care se leagă de procese ce însoţesc fără îndoială experienţa conştientă. Când cercetătorii folosesc imagistica funcţională prin rezonanţă magnetică pentru a urmări în detaliu fluxul sanguin care întreţine activitatea neurală, sau introduc sonde cerebrale de profunzime pentru a detecta impulsurile electrice de-a lungul neuronilor individuali, sau folosesc encefalograme pentru a monitoriza undele electromagnetice care străbat creierul, iar datele dezvăluie tipare evidente ce reflectă deopotrivă comportamentul observat şi raportările experienţei interioare, argumentele în favoarea abordării conştiinţei ca fenomen fizic se întăresc substanţial. Încurajaţi de aceste progrese impresionante, cercetători îndrăzneţi consideră că a sosit momentul pentru dezvoltarea unei baze ştiinţifice a experienţei conştiente.

Conştiinţă şi naraţiune

În urmă cu câţiva ani, în timpul unei discuţii amabile, dar aprinse, despre rolul matematicii în descrierea universului, i-am spus cu emfază prezentatorului unei emisiuni televizate nocturne că nu e decât un sac de particule guvernate de legile

fizicii. Nu fusese o glumă, deşi el i-a dat numaidecât o turnură comică. („Hei, grozave cuvinte ca să agăți pe cineva.“). Nici nu intenționasem să-l jignesc, căci în privința asta tot ce e adevărat pentru el mi se aplică în egală măsură şi mie. În schimb, remarca dovedea ataşamentul meu adânc înrădăcinat față de reducționism, potrivit căruia, dacă înțelegem pe deplin comportamentul ingredientelor fundamentale ale universului, putem spune povestea riguroasă şi de sine stătătoare a realității. Nu dispunem de o schiță completă a acestei povestiri, deoarece multe probleme aflate în avangarda cercetării sunt încă nerezolvate; cu unele dintre ele ne vom întâlni curând. Îmi pot imagina totuşi un viitor în care oamenii de ştiință vor putea oferi o descriere matematică completă a proceselor microfizice fundamentale care stau la baza a tot ceea ce se întâmplă, oriunde şi oricând.

Există ceva consolator în această perspectivă, ceva ce rezonează cu gândul lui Democrit din urmă cu două mii cinci sute de ani: „Dulcele e dulce, amarul e amar, fierbintele e fierbinte, recele e rece, culoarea e culoare; dar în realitate nu există decât atomii şi spațiul vid.“[3] Ideea este că totul apare din acelaşi set de ingrediente, guvernat de aceleaşi principii fizice. Iar acele principii, după cum atestă câteva secole de observații, experimente şi teoretizări, vor fi probabil exprimate prin câteva simboluri aranjate într-un mic set de ecuații matematice. Acesta e un univers elegant.[4]

Oricât de puternică ar fi o asemenea descriere, ea ar rămâne doar una între multe alte poveşti pe care le spunem. Avem capacitatea să schimbăm focalizarea, să modificăm rezoluția, să abordăm lumea într-o mare diversitate de moduri. În vreme ce o descriere reducționistă completă ar oferi un

fundament ştiinţific solid, alte descrieri ale realităţii, alte poveşti, oferă perspective pe care mulţi le consideră mai relevante fiindcă sunt mai aproape de experienţă. Aşa cum am văzut, pentru a spune unele dintre aceste poveşti e nevoie de concepte noi şi de un limbaj nou. Entropia ne ajută să spunem povestea caracterului aleatoriu şi organizării în ansambluri mari de particule, indiferent dacă ele provin dintr-un cuptor sau se condensează în stele. Evoluţia ne ajută să spunem povestea hazardului şi a selecţiei atunci când ansambluri de molecule – vii sau nu – se reproduc, suferă mutaţii şi treptat devin mai bine adaptate mediului lor.

O poveste pe care mulţi o consideră încă şi mai relevantă se concentrează asupra conştiinţei. A îmbrăţişa gândurile, emoţiile şi amintirile înseamnă a îmbrăţişa esenţa experienţei umane. Este totodată o poveste care necesită o perspectivă calitativ diferită faţă de toate celelalte pe care le-am adoptat până acum. Entropia, evoluţia şi viaţa pot fi studiate „acolo afară“. Poveştile lor pot fi spuse în întregime la persoana a treia. Suntem martori la aceste poveşti, iar dacă suntem îndeajuns de sârguincioşi, expunerea noastră poate fi exhaustivă. Aceste poveşti sunt consemnate în cărţi deschise.

Altfel arată o poveste care include conştiinţa. O poveste care pătrunde în senzaţiile lăuntrice ale imaginii sau sunetului, ale bucuriei sau tristeţii, ale confortului sau durerii, ale calmului sau anxietăţii se bizuie pe o relatare la persoana întâi. E o poveste spusă de vocea interioară a conştiinţei după un scenariu personal al cărui autor poate fi oricare dintre noi. Am nu doar experienţa unei lumi subiective, ci şi senzaţia clară că din interiorul acelei lumi îmi controlez acţiunile. Fără îndoială că în ce priveşte acţiunile voastre aveţi o senzaţie similară.

La naiba cu legile fizicii; gândesc, prin urmare controlez. Pentru a înțelege universul la nivelul conştiinței e nevoie de o poveste capabilă să abordeze o realitate subiectivă absolut personală şi aparent autonomă.

Pentru a înțelege conştiința ne confruntăm aşadar cu două dificultăți distincte, dar înrudite. Poate materia, de una singură, să producă senzațiile care inspiră conştiința? E posibil ca sentimentul nostru conştient de autonomie să nu fie decât legile fizicii acționând asupra materiei care alcătuieşte creierul şi corpul? La aceste întrebări Descartes a răspuns cu un categoric nu. În concepția lui, deosebirea evidentă dintre materie şi minte reflectă o diviziune profundă. Universul conține substanță fizică. Universul conține substanță mentală. Substanța fizică o poate influența pe cea mentală, iar substanța mentală o poate influența pe cea fizică. Dar cele două tipuri de substanță sunt diferite. În limbaj modern, atomii şi moleculele nu sunt substanța gândirii.

Perspectiva lui Descartes e atrăgătoare. Pot depune mărturie că mesele şi scaunele, pisicile şi câinii, iarba şi copacii se deosebesc de gândurile din capul meu, şi bănuiesc că ați fi de acord. De ce particulele care alcătuiesc elementele palpabile ale realității exterioare şi legile fizicii care le guvernează trebuie să aibă vreo relevanță pentru a explica lumea mea interioară a experienței conştiente? Prin urmare, ar trebui pesemne să ne aşteptăm ca o înțelegere a conştiinței să nu fie doar o poveste de un nivel superior, o poveste care doar îşi mută privirea dinspre exterior către interior, ci un tip fundamental diferit de poveste, care presupune o revoluție conceptuală de anvergura celor reprezentate de fizica cuantică şi relativitate.

Mă pasionează revoluțiile intelectuale. Nu există nimic mai palpitant decât o descoperire care schimbă complet perspectiva acceptată asupra lumii. Iar în cele ce urmează vom vorbi despre prefaceri cu care unii cercetători ai conştiinței preconizează că ne vom confrunta. Din motive care vor deveni limpezi, bănuiesc că totuşi conştiința e mai puțin misterioasă decât pare. În acord cu exclamația mea din acel program TV nocturn şi, mai important, cu o serie de cercetători care şi-au consacrat viața profesională acestor întrebări, anticipez că într-o bună zi vom reuşi să explicăm conştiința doar pe baza unei cunoaşteri convenționale a particulelor care alcătuiesc materia şi a legilor fizice care le guvernează. Aceasta va produce o revoluție sui generis, instaurând hegemonia practic nelimitată a legilor fizicii, extinzându-se oricât de departe în lumea exterioară a realității obiective şi oricât de adânc în lumea interioară a experienței subiective.

În umbră

Nu toate funcțiile creierului inspiră venerația acordată conştiinței. O bună parte a activității neurologice e orchestrată dedesubtul suprafeței conştiente. În timp ce priviți un apus de soare, creierul procesează rapid datele transmise de bilioanele de fotoni care lovesc în fiecare secundă fotoreceptorii din retină, interpolează asiduu imaginea pentru a umple petele oarbe (locurile din ochi unde nervul optic se conectează cu retina, transportând informația către nucleul genicular lateral al creierului şi către cortexul vizual), compensează în permanență deplasările ochilor şi mişcarea capului, operează corecții pentru fotonii blocați sau împrăştiați de neregularitățile ochiului,

întoarce imaginile în poziția corectă, contopeşte porțiunile din fiecare imagine comune ambilor ochi etc., dar, cu toate acestea, în timp ce contemplați ultimele raze ale Soarelui, sunteți complet inconştienți de tot ce se întâmplă chiar în spatele ochilor voştri. O descriere similară e valabilă în timp ce citiți aceste cuvinte. Arhitectura conştiinței vă permite să vă concentrați asupra ideilor conceptuale simbolizate de cuvinte, lăsând procesarea cantităților enorme de date vizuale şi lingvistice în seama unor funcții ale creierului care trec neobservate. Încă şi mai firesc, zi de zi mergem, vorbim, inima bate, sângele circulă, stomacul digeră, muşchii se contractă etc., iar toate acestea se întâmplă fără să trebuiască să le acordăm cea mai mică atenție.

Faptul că creierul e inundat de procese importante care se sustrag introspecției este o premisă cu o istorie îndelungată, exprimată sub nenumărate forme. Textele vedice scrise cu mii de ani în urmă invocă ideea de inconştient, iar referirile continuă de-a lungul secolelor în care gânditori profunzi au presupus existența unor arome de calități mentale inaccesibile simțului gustativ al conştiinței: Sfântul Augustin („Înseamnă aceasta oare că spiritul este prea strâmt pentru a se putea cuprinde pe sine însuşi? Unde se duce atunci acea parte din sine pe care el nu o poate cuprinde?“)[5], Toma de Aquino („Mintea nu se vede pe ea însăşi prin esența ei“)[6], William Shakespeare („Ci bate la a inimii portiță/ Şi-ntreabă de n-a cunoscut cumva…“)[7], Gottfried Leibniz („Muzica este exercițiul aritmetic ascuns al unei minți ce nu-şi dă seama că ea calculează“)[8]. Fascinante sunt şi procesele ce *par* să rezide dedesubtul radarului, dar cu toate acestea generează ecouri accesibile

procesării conştiente. Abundă, de pildă, relatările în care mintea inconştientă rezolvă probleme şi furnizează soluții fără să fie solicitată. Una dintre cele mai pitoreşti i se datorează farmacologului german Otto Loewi, care în noaptea dinaintea duminicii Paştelui din 1921 s-a trezit pentru scurt timp şi a scris în grabă o idee ce tocmai îi venise în vis. Dimineața, Loewi s-a trezit cu sentimentul copleşitor că nota nocturnă conținea o idee vitală, dar oricât s-a străduit nu a reuşit s-o descifreze. În noaptea următoare a avut acelaşi vis, dar de data aceasta s-a dus imediat în laborator şi a urmat instrucțiunile din vis de a efectua un experiment care să testeze vechea lui ipoteză că procese chimice, şi nu electrice, sunt esențiale pentru comunicarea celulară. Luni, experimentul inspirat de vis a fost efectuat, iar succesul său îi va aduce în final lui Loewi Premiul Nobel.[9]

Cultura populară tinde să asocieze funcțiile subterane ale minții cu contribuțiile lui Sigmund Freud (deşi mai mulți oameni de ştiință formulaseră idei similare cu ani înainte)[10] şi cu vâltoarea curenților subterani de amintiri, dorințe, conflicte, fobii şi complexe reprimate care, în concepția lui, fac comportamentul uman instabil. Deosebirea importantă în epoca modernă este că speculațiile, presentimentele şi intuițiile cu privire la viața minții se confruntă acum cu date anterior inaccesibile. Cercetătorii au elaborat metode ingenioase de a privi pe furiş peste umărul minții şi a urmări activitatea creierului care se desfăşoară sub nivelul conştient.

Unele dintre studiile cele mai remarcabile implică pacienți care şi-au pierdut într-o anumită măsură funcțiile neurologice. Un caz bine-cunoscut, implicând un subiect numit P.S. care a suferit leziuni

ale emisferei cerebrale drepte, a fost documentat la finele anilor 1980 de Peter Halligan şi John Marshall.[11] Cum era de aşteptat în cazul unor asemenea distrugeri, P.S. nu putea furniza detalii despre extremitatea stângă a imaginilor care îi erau arătate. De exemplu, ea susținea că două desene de culoare verde închis ale unei case erau identice, deşi partea din stânga a uneia din case era mistuită de un incendiu roşu. Întrebată însă în care din case ar prefera să locuiască, P.S. indica invariabil casa care nu ardea. Cercetătorii au arătat că, deşi P.S. era incapabilă să perceapă conştient vâlvătaia, informația intrase pe furiş şi îi influența decizia din culise.

Creierele sănătoase, la rândul lor, dezvăluie propria dependență de influențe ascunse. Psihologii au stabilit că, oricât de atent ai fi, o imagine proiectată pe un ecran pentru mai puțin de aproximativ patruzeci de milisecunde (şi intercalată între alte două imagini cu durata ceva mai mare, numite măşti) nu va fi percepută conştient. Totuşi, asemenea imagini subliminale pot influența deciziile conştiente. Faimoasa afirmație despre creşterea consumului de băuturi nealcoolice datorită unor cadre subliminale cu „Bea Coca-Cola“ proiectate în sălile de cinema, este un mit urban răspândit la sfârşitul anilor 1950 de un cercetător al pieței aflat în dificultate.[12] Dar studii de laborator ingenioase au oferit dovezi convingătoare despre existența unor tipuri specifice de procese mentale clandestine.[13] De pildă, imaginați-vă că pe un ecran sunt proiectate numere între 1 şi 9, sarcina voastră fiind să stabiliți rapid dacă sunt mai mari sau mai mici decât 5. Reacția va fi mai rapidă dacă un anumit număr e precedat de proiecția subliminală a unui număr aflat de aceeaşi parte a lui 5 ca numărul dat (de exemplu,

dacă 4 e precedat de un 3 subliminal). Dimpotrivă, timpul de reacție creşte dacă numărul dat e precedat de proiecția subliminală a unui număr aflat de cealaltă parte a lui 5 (de exemplu, dacă 4 e precedat de un 7 subliminal).[14] Chiar dacă nu eşti conştient de efemerele apariții numerice, ele îți trec fulgerător prin creier şi-ți influențează răspunsul.

Creierul coordonează miracole de regularizare, funcționalitate şi explorare a datelor. Dar, oricât de minunate ar fi aceste activități, ele nu constituie un mister conceptual. Creierul trimite şi recepționează semnale de-a lungul fibrelor nervoase, permițându-i să controleze procesele biologice şi să genereze reacții comportamentale. Pentru a determina cu precizie căile neurale şi detaliile fiziologice care stau la baza unor asemenea funcții şi comportamente, oamenii de ştiință se confruntă cu misiunea de a cartografia teritorii vaste umplute cu circuite biologice complexe la un nivel de precizie mult dincolo de nivelul actual. Ce am aflat sugerează însă că, oricât de dificilă ar fi provocarea, avem toate motivele să credem că, folosind strategiile cunoscute ale ştiinței, vom reuşi.

Iar dacă nu ar exista o anumită calitate agasantă a minții, lucrurile s-ar opri aici. Dacă însă privim dincolo de sarcinile minții şi examinăm senzațiile ei – experiența lăuntrică pe care o identificăm cu esența faptului de a fi om –, unii cercetători au ajuns la o prognoză diferită şi mult mai puțin optimistă pentru capacitatea ştiinței tradiționale de a oferi explicații. Ajungem astfel la ceea ce unii numesc „problema dificilă“ [*hard problem*] a conştiinței.

Problema dificilă

Într-o scrisoare adresată lui Henry Oldenburg, unul

dintre cei mai prolifici corespondenți de la începuturile științei moderne, Isaac Newton observa: „A determina mai precis ce este Lumina […] şi prin ce modalități sau acțiuni produce ea în mințile noastre Fantasmele Culorilor nu e atât de simplu. Iar eu nu voi amesteca ipotezele cu certitudinile.“[15] Newton se străduia să explice experiența cea mai comună: senzația interioară a unei culori sau a alteia. Să considerăm o banană. Nu e mare lucru, firește, să te uiți la o banană şi să stabileşti că e galbenă. Cu aplicația adecvată, şi un telefon mobil o poate face. Dar din câte ştim, când un telefon anunță că banana e galbenă, el nu are o senzație interioară de galben. El nu vede galben cu ochii minții. Voi da. La fel şi eu. La fel şi Newton. Problema lui era să înțeleagă cum facem asta.

Problema e relevantă mult dincolo de „fantasmele“ mentale de galben, albastru sau verde. În timp ce scriu aceste cuvinte, mâncând popcorn, cu o muzică discretă în fundal, percep o gamă de experiențe interioare: presiune pe vârfurile degetelor, persistența unui gust sărat, vocile magnifice ale celor de la Pentatonix, un monolog interior care negociază următoarea propoziție din această frază. Lumea voastră interioară asimilează aceste cuvinte, poate auzindu-le rostite de vocea interioară a minții, în timp ce gândul poate că vă zboară la ultima bucată de prăjitură cu ciocolată din frigider. Ideea este că mințile noastre adăpostesc o gamă largă de senzații interioare – gânduri, emoții, amintiri, imagini, dorințe, sunete, mirosuri etc. – care toate fac parte din ceea ce numim conştiință.[16] Cât despre Newton sau banană, dificultatea e să stabilim în ce mod creierul nostru creează şi susține lumile acestea vibrante ale experienței subiective.

Pentru a înțelege cât de adânc e acest mister,

imaginați-vă că posedați un simț al văzului supraomenesc care vă permite să priviți în creierul meu şi să vedeți cele aproximativ o mie de bilioane de bilioane [10^{27}] de particule – electroni, protoni şi neutroni – ciocnindu-se şi agitându-se, atrăgându-se şi respingându-se, circulând şi împrăştiindu-se.[17] Spre deosebire de ansamblurile mari de particule în derivă rezultate din coacerea pâinii, sau cele care se condensează pentru a forma o stea, particulele care constituie un creier sunt aranjate într-un tipar extrem de organizat. Dar chiar şi aşa, concentrați-vă asupra oricăreia dintre aceste particule şi veți constata că ea interacționează cu celelalte prin intermediul aceloraşi forțe descrise de acelaşi formalism matematic, indiferent dacă acea particulă pluteşte în bucătărie, în coroana Stelei Polare sau în interiorul cortexului meu prefrontal. Iar în descrierea matematică, confirmată de decenii de date provenite de la acceleratoare de particule şi telescoape puternice, nu există nici un indiciu privind experiențele interioare pe care, într-un fel sau altul, le generează acele particule. Cum poate un ansamblu de particule lipsite de minte, gânduri şi emoții să se asocieze şi să producă senzațiile interioare de culoare sau sunet, jubilare sau mirare, confuzie sau surpriză? Particulele pot avea masă, sarcină electrică şi alte câteva proprietăți similare (sarcini nucleare, care sunt versiuni mai exotice ale sarcinii electrice), dar toate aceste calități par să nu aibă nici o legătură cu ceva cât de cât asemănător experienței subiective. Şi atunci, cum poate un vârtej de particule din interiorul unui cap – căci la asta se reduce un creier – să creeze impresii, senzații şi sentimente?

Filozoful Thomas Nagel a oferit o descriere clasică şi deosebit de plastică a lacunei explicative.[18]

Cum este, s-a întrebat el, să fii liliac? Imaginați-vă: plutiți pe un strat de aer deasupra unui peisaj întunecat, emițând în permanență strigăte ca un răpăit de pocnete care generează ecouri ale copacilor, stâncilor şi insectelor, permițându-vă să cartografiați mediul. Din sunetul reflectat vă dați seama că în fața voastră se află un țânțar care țâşneşte spre dreapta, aşa încât vă năpustiți asupra lui şi savurați o mică îmbucătură. Deoarece modul nostru de a interacționa cu lumea e profund diferit, imaginația nu ne poate duce prea departe în lumea interioară a liliacului. Chiar dacă am dispune de o descriere completă a fizicii, chimiei şi biologiei subiacente fundamentale care fac ca un liliac să fie liliac, ea tot nu ar putea accede la experiența subiectivă, „la persoana întâi“, a liliacului. Oricât de detaliate ar fi cunoştințele noastre materiale, lumea interioară a liliacului pare inaccesibilă.

Ce este adevărat pentru liliac este adevărat pentru fiecare dintre noi. Sunteți roiuri de particule în interacțiune. La fel şi eu. Şi, deşi înțeleg cum pot particulele voastre să transmită informația că ați văzut culoarea galbenă – particulele din traiectul vostru vocal, gura şi buzele trebuie doar să-şi coordoneze mişcările pentru a produce acel comportament exterior –, îmi este mult mai greu să înțeleg cum vă produc acele particule experiența interioară subiectivă de galben. Deşi înțeleg cum vă fac particulele voastre să zâmbiți sau să vă încruntați – din nou, e nevoie doar ca ele să-şi coordoneze în mod adecvat mişcările –, nu reuşesc să înțeleg cum produc acele particule o senzație interioară de bucurie sau tristețe. Într-adevăr, deşi am acces direct la lumea mea interioară, mi-e la fel de greu să înțeleg cum apare lumea aceea din mişcarea şi interacțiunea propriilor mele particule.

Desigur că încercarea de a explica multe alte lucruri în termenii unui reducționism fără compromisuri, de la taifunurile din Pacific la erupțiile vulcanice, s-ar izbi de obstacole. Dar dificultatea pe care o prezintă aceste evenimente, şi o lume întreagă de exemple similare, constă doar în a descrie complexa dinamică a unui număr fantastic de mare de particule. Dacă am putea depăşi acel obstacol tehnic, problema ar fi rezolvată.[19] Iar asta fiindcă nu există o senzație interioară de „cum e să fii“ un taifun sau un vulcan. Taifunurile şi vulcanii nu au, din câte ştim, lumi subiective de experiență interioară. Nu simțim lipsa relatărilor la persoana întâia. Dar pentru tot ce e conştient tocmai asta lipseşte descrierii noastre obiective la persoana a treia.

În 1994, David Chalmers, un tânăr filozof australian, cu părul căzându-i pe umeri, a luat cuvântul la congresul anual despre conştiință din Tucson şi a numit acest neajuns „problema dificilă“ a conştiinței. Nu-i vorba că problema „uşoară“ – a înțelege mecanismele proceselor cerebrale şi rolul lor în imprimarea amintirilor, reacția la stimuli şi modelarea comportamentului – e uşoară. Doar că în cazul acelui gen de probleme ne putem imagina ce formă trebuie să aibă soluția; putem articula o abordare de principiu la nivelul particulelor, sau al unor structuri mai complexe precum celulele şi nervii, ce pare coerentă. Dificultatea de a ne imagina o asemenea soluție în cazul conştiinței explică aprecierea lui Chalmers. El a susținut nu doar că lipseşte o punte de legătură între particulele fără minte şi experiența mentală, dar încercarea de a construi una folosind un plan reducționist – pornind de la particulele şi legile care constituie baza fundamentală a ştiinței aşa cum o cunoaştem – e

sortită eşecului.

Aprecierea a atins o coardă – armonioasă pentru unii, disonantă pentru alții – care de atunci nu a încetat să rezoneze în cercetările asupra conştiinței.

Ce se-ntâmplă cu Mary

E uşor să fii superficial când vine vorba de problema dificilă. În trecut, reacția mea trebuie să fi părut astfel. Întrebat fiind, răspundeam adesea că experiența conştientă nu e decât ceea ce se simte atunci când în creier are loc un anumit tip de procesare a informației. Dar întrucât chestiunea esențială este tocmai de a explica existența acestui „se simte“, răspunsul anulează prea repede problema dificilă ca şi cum n-ar fi dificilă, ba chiar ca şi cum n-ar fi o problemă. Eufemistic vorbind, răspunsul se aliniază opiniei larg răspândite că se face prea mare caz de gândire. În vreme ce unii adepți ai problemei dificile susțin că pentru a înțelege conştiința va trebui să introducem concepte din afara ştiinței convenționale, alții – aşa-numiții *fizicalişti* – anticipează că, interpretate inteligent şi aplicate creator, metodele ştiințifice tradiționale, invocând exclusiv proprietăți fizice ale materiei, se vor dovedi suficiente. Perspectiva fizicalistă rezumă foarte bine concepția pe care eu însumi am susținut-o mult timp.

Însă cu trecerea anilor, reflectând mai atent asupra problemei conştiinței, am avut momente de îndoială. Cel mai frapant s-a produs la întâlnirea cu influentul argument prezentat de filozoful Frank Jackson cu un deceniu înainte ca problema dificilă să fi fost numită astfel.[20] Jackson spune o poveste simplă care, uşor dramatizată, decurge după cum urmează. Să ne imaginăm că în viitorul îndepărtat

trăieşte o fată extrem de inteligentă, Mary, care suferă de un daltonism total. Încă de la naştere, totul în lumea ei a apărut doar în alb şi negru. Starea ei îi intrigă chiar şi pe cei mai renumiți medici, de aceea Mary hotărăşte că numai de ea depinde să-i dea de capăt. Stimulată de visul ei de a-şi vindeca deficiența, Mary se dedică unor ani de studii, observații şi experimente intense. În final, ea devine cel mai mare specialist în neuroştiință din câți a văzut lumea vreodată, atingând un scop care omenirii îi scăpase multă vreme: ea descifrează până în ultimul detaliu structura, funcția, fiziologia, chimia, biologia şi fizica creierului; stăpâneşte absolut tot ce se poate şti despre funcționarea creierului, atât organizarea lui globală, cât şi procesele sale microfizice; înțelege toate descărcările neurale şi cascadele de particule care se produc atunci când admirăm cerul albastru, savurăm o prună zemoasă sau ne lăsăm purtați de *Simfonia a III-a* a lui Brahms.

Cu această realizare, Mary poate identifica tratamentul pentru handicapul ei vizual şi se supune procedurii chirurgicale care s-o corecteze. Câteva luni mai târziu, medicii sunt gata să-i îndepărteze bandajele, iar Mary se pregăteşte să asimileze o nouă lume. Stând în fața unui buchet de trandafiri roşii, ea deschide încet ochii. Şi iată întrebarea: Din această primă experiență a culorii roşii, va învăța Mary ceva nou? Având în sfârşit experiența interioară a culorii, va dobândi ea o cunoaştere nouă?

Reflectând asupra acestei poveşti, pare absolut evident că prima oară când percepe senzația interioară de roşu, Mary va fi copleşită. Surprinsă? Da. Emoționată? Fireşte. Impresionată? Profund. Pare de la sine înțeles că această primă experiență a

culorii îi va extinde înțelegerea percepției umane şi a reacției interioare pe care o poate genera. Pornind de la această intuiție simplă, Jackson ne îndeamnă să examinăm implicația. Mary învățase tot ce era de ştiut despre funcționarea fizică a creierului. Şi totuşi, prin această unică întâlnire, se pare că ea şi-a extins acea cunoaştere. A dobândit cunoaşterea experienței conştiente care însoțeşte reacția creierului la culoarea roşie. Concluzia? *Cunoaşterea completă a funcționării fizice a creierului omite ceva*. Ea nu reuşeşte să expună sau să explice senzațiile subiective. Dacă cunoaşterea fizică ar fi fost exhaustivă, Mary şi-ar fi scos bandajele şi ar fi ridicat din umeri.

Când am citit prima oară această relatare, am simțit o subită afinitate cu Mary, ca şi cum aş fi suferit şi eu o intervenție chirurgicală care mi-a deschis o fereastră, până atunci acoperită, asupra naturii conştiinței. Încrederea mea pripită că procesele fizice din creier *sunt* conştiința, că conştiința *este* senzația acestor procese, a fost brusc zdruncinată. Mary poseda toată cunoaşterea posibilă a tuturor proceselor fizice din creier, şi totuşi din scenariu reiese clar că o asemenea înțelegere e incompletă. Asta sugerează că în ce priveşte experiența conştientă procesele fizice sunt o parte a poveştii, dar nu întreaga poveste. Când a apărut articolul lui Jackson, mult înainte ca eu să fi dat peste el, specialiştii au fost de asemenea incitați, iar în deceniile care au urmat Mary a provocat multe reacții.

Filozoful Daniel Dennett ne cere să examinăm cu adevărat implicația cunoştințelor exhaustive ale lui Mary privind faptele fizice. În opinia lui, ideea unei înțelegeri fizice complete ne e atât de profund străină, încât subestimăm grosolan puterea

explicativă pe care ar putea s-o ofere. Cu o asemenea cunoaştere atotcuprinzătoare, de la fizica luminii la biochimia ochilor şi la neuroştiința creierului, susține Dennett, Mary *ar fi* capabilă să discearnă senzația interioară de roşu mult înainte de a o fi experimentat.[21] Când i se scot bandajele, Mary poate să reacționeze la frumusețea trandafirilor roşii, dar vederea culorii roşii pur şi simplu îi va confirma aşteptările. Filozofii David Lewis[22] şi Laurence Nemirow[23] adoptă o poziție diferită, susținând că Mary dobândeşte o nouă capacitate – de a identifica, a-şi aduce aminte şi a imagina experiența interioară a roşului –, dar aceasta nu constituie un fapt nou situat în afara cunoştințelor sale anterioare. La îndepărtarea bandajelor, Mary poate că nu ridică din umeri, dar exclamația ei de surprindere trădează doar încântarea în fața unui nou mod de a reflecta asupra unor cunoştințe vechi. Jackson însuşi argumentează acum contra concluziei sale inițiale, schimbându-şi atitudinea după ce ani în şir s-a gândit la Mary. Suntem atât de obişnuiți să învățăm lucruri despre lume prin experiență directă, de exemplu să înțelegem senzația de roşu văzând culoarea roşie, încât presupunem tacit că aceste experiențe oferă singurele mijloace pentru dobândirea unor asemenea cunoştințe. Potrivit lui Jackson, acest lucru nu e justificat. Deşi procesul de învățare al lui Mary e nefamiliar, invocarea unor raționamente deductive atunci când oamenii obişnuiți se bizuie pe experiența directă, stăpânirea desăvârşită a cunoaşterii fizice îi va permite să determine cum e să vezi roşu.[24]

Cine are dreptate? Jackson cel inițial şi adepții primei sale incursiuni? Sau Jackson cel de mai târziu şi toți cei convinşi că la vederea trandafirilor Mary nu află nimic nou?

Miza e mare. Dacă conştiința poate fi explicată pe baza unor fapte despre forțele fizice ale lumii acționând asupra constituenților săi materiali, sarcina noastră va fi să determinăm cum. Dacă nu, sarcina noastră va fi mai amplă. Va trebui să determinăm noile concepte şi procese necesare pentru a înțelege conştiința, o călătorie care ne va duce aproape cu certitudine mult dincolo de limitele actuale ale ştiinței.

Istoriceşte vorbind, am navigat cu încredere prin apele agitate ale intuiției umane identificând consecințele testabile ale unor puncte de vedere contradictorii. Până acum, nimeni nu a propus un experiment, o observație sau un calcul capabile să rezolve definitiv problema ridicată de povestea lui Mary sau, mai ambițios, să dezvăluie sursa experienței interioare. În cea mai mare parte, considerentele de care dispunem pentru a evalua acele perspective şi care îndeplinesc cerințele sunt plauzibilitatea şi atracția intuitivă, criterii flexibile care, aşa cum vom vedea, au permis o diversitate de puncte de vedere.

O poveste despre două poveşti

Strategiile pentru explicarea conştiinței acoperă un impresionant spectru de idei. La extremități se află pozițiile care fie resping conştiința ca pe o iluzie (*eliminativism*), fie declară că ea este singura calitate reală a lumii (*idealism*). Între ele întâlnim o întreagă gamă de propuneri. Unele operează în limitele gândirii ştiințifice tradiționale, altele alunecă prin fisurile cunoaşterii ştiințifice actuale, iar altele amplifică acele calități pe care de mult timp le considerăm ca definind realitatea la nivel fundamental. Două scurte povestiri oferă acestor

propuneri un context istoric.

Dacă ați fi tras cu urechea la discuțiile biologilor din secolele XVIII şi XIX, termenul de *vitalism* v-ar fi familiar. Era un concept care se referea la ceea ce am putea numi „problema dificilă“ a vieții: Dat fiind că ingredientele fundamentale ale vieții sunt neînsuflețite, cum e posibil ca nişte ansambluri de asemenea ingrediente să fie vii? Răspunsul vitalismului, limpede şi răspicat, a fost că astfel de ansambluri nu pot să fie vii. Cel puțin nu pe cont propriu. Vitalismul a propus că ingredientul lipsă e o scânteie nefizică de forță vitală care înzestrează materia neînsuflețită cu magia vieții.

Dacă ați fi frecventat anumite cercuri ale fizicienilor din secolul XIX, ați fi auzit vorbindu-se cu entuziasm despre electricitate şi magnetism în vreme ce Michael Faraday şi alții explorau mereu mai adânc tărâmul acesta care se dovedea tot mai fascinant. Unul dintre punctele de vedere cu care v-ați fi întâlnit susținea că aceste noi fenomene pot fi explicate în cadrul abordării mecaniciste standard a științei moştenită de la Isaac Newton. A găsi combinația ingenioasă de fluide în curgere şi roți dințate şi angrenaje miniaturale răspunzătoare de noile fenomene ar putea fi o sarcină dificilă, dar baza pentru înțelegerea lor exista deja. Dată fiind preconizata adecvare a raționamentului ştiințific convențional, aceasta s-ar fi putut numi „problema uşoară“ a electricității şi magnetismului.

Istoria a dovedit că aşteptările descrise în fiecare dintre aceste povestiri erau înşelătoare. Din perspectiva a două secole, enigma aproape mistică pe care-o reprezenta cândva viața s-a diminuat. Deşi nu înțelegem încă pe deplin originea vieții, există un consens ştiințific aproape universal că nu e nevoie de nici o scânteie magică. Tot ce e necesar sunt

particule configurate într-o ierarhie de structuri – atomi, molecule, organite, celule, țesuturi etc. Dovezile susțin cu tărie că actualul cadru al fizicii, chimiei şi biologiei este întru totul suficient pentru a explica viața. Problema dificilă a vieții, deşi fără îndoială complicată, a fost reclasificată ca uşoară.

În cazul electricității şi magnetismului, datele colectate din experimente minuțioase i-au obligat pe oamenii de ştiință să meargă dincolo de caracteristicile realității fizice acceptate anterior secolului XIX. Cunoaşterea existentă a cedat locul unei proprietăți complet noi a materiei (sarcina electrică) care reacționează la un tip complet nou de influență (câmpuri electrice şi magnetice care umplu spațiul) şi e descrisă de un set complet nou de ecuații (douăzeci la număr în formularea inițială) elaborat de James Clerk Maxwell. Deşi a fost rezolvată, problema „uşoară“ a electricității şi magnetismului s-a dovedit a fi dificilă.[25]

Mulți cercetători preconizează că povestea vitalismului se va repeta în cazul conştiinței: pe măsură ce cunoştințele noastre despre creier se vor aprofunda, problema dificilă a conştiinței se va evapora încetul cu încetul. Deşi în prezent pare misterioasă, experiența interioară va fi treptat percepută ca o consecință directă a activităților fiziologice ale creierului. Ceea ce lipseşte este o cunoaştere deplină a funcționării interioare a creierului, nu un nou tip de substanță mentală. Cândva, potrivit perspectivei fizicaliste, oamenii vor zâmbi amintindu-şi cum am învestit odinioară conştiința cu un asemenea mister pasionant, dar nejustificat.

Alții consideră că povestea electromagnetismului oferă modelul relevant pentru conştiință. Atunci când înțelegerea lumii se confruntă cu fapte

deconcertante, încercăm în mod firesc să le încorporăm în cadrul ştiinţific existent. Dar unele fapte nu se potrivesc cu şabloanele existente. Unele fapte dezvăluie însuşiri noi ale realității. Conştiința, potrivit adepților acestei viziuni, abundă în fapte din această categorie. Dacă perspectiva aceasta se dovedeşte a fi corectă, înțelegerea experienței subiective va impune o reconfigurare substanțială a terenului de joc intelectual, apărând pesemne ramificații profunde ce pot avea impact mult dincolo de problemele minții.

Una dintre cele mai radicale propuneri de felul acesta provine chiar de la David Chalmers, însuşi dl. Problemă Dificilă.

Teorii despre tot

Convins că conştiința nu poate să apară dintr-un vârtej de particule lipsite de minte, Chalmers ne îndeamnă să luăm povestea electromagnetismului foarte în serios. Aşa cum fizicienii din secolul XIX au acceptat cu curaj că e inutil să încropească explicații forțate ale fenomenelor electromagnetice folosind ştiința convențională a epocii, avem nevoie de acelaşi curaj ca să recunoaştem că pentru demistificarea conştiinței trebuie să privim dincolo de calitățile fizice cunoscute.

Dar cum? O posibilitate, simplă şi îndrăzneață, este că particulele individuale posedă ele însele un atribut intrinsec al conştiinței – să-l numim *proto-conştiință*, pentru a evita imaginea unor electroni entuziaşti sau a unor cuarci irascibili – care nu poate fi descris în termenii a ceva „mai fundamental“. Altfel spus, descrierea noastră a realității trebuie să se extindă pentru a include o calitate subiectivă intrinsecă şi ireductibilă care impregnează

ingredientele materiale elementare ale naturii. Multă vreme am omis această calitate a materiei, şi de aceea nu am reuşit până acum să explicăm bazele fizice ale experienței conştiente. Cum poate un vârtej de particule lipsite de minte să creeze mintea? Nu poate. Pentru a crea o minte conştientă e nevoie de un vârtej de particule cu minte. Reunind calitățile lor proto-conştiente, un ansamblu mare de particule poate produce experiența conştientă familiară. Propunerea, aşadar, este că particulele posedă un set bine studiat de proprietăți fizice (masă, sarcină electrică, sarcini nucleare şi spin cuantic) precum şi calitatea până acum neglijată a proto-conştiinței. Reînviind credințele panpsihiste, ale căror rădăcini istorice datează încă din Grecia antică, Chalmers admite aşadar posibilitatea că conştiința e relevantă pentru tot ce e alcătuit din particule, indiferent că e vorba de creierul unui liliac sau de o bâtă de baseball.[11]

Dacă vă întrebați ce este de fapt proto-conştiința, sau cum impregnează ea o particulă, curiozitatea voastră e lăudabilă, dar acestea sunt întrebări la care Chalmers, sau oricine altcineva, nu poate să răspundă. Totuşi, e util să privim aceste întrebări în context. Dacă mi-ați pune întrebări similare despre masă sau sarcina electrică, ați rămâne probabil la fel de nesatisfăcuți. Nu ştiu ce este masa. Nu ştiu ce este sarcina electrică. Ceea ce ştiu este că masa produce o forță gravitațională şi reacționează la ea, iar sarcina electrică produce o forță electromagnetică şi reacționează la ea. Prin urmare, deşi nu vă pot spune ce *sunt* aceste caracteristici ale particulelor, vă pot spune ce *fac* ele. Într-un mod analog, poate că cercetătorii nu vor fi capabili să definească ce este proto-conştiința, dar cu toate acestea vor izbuti să elaboreze o teorie despre ce

face ea – cum produce conştiinţă şi reacţionează la ea. În cazul influenţelor gravitaţională şi electromagnetică, îngrijorarea că înlocuirea unei definiţii intrinseci cu modul de acţiune şi reacţie echivalează cu o prestidigitaţie intelectuală e atenuată, pentru majoritatea cercetătorilor, de predicţiile spectaculos de exacte pe care le putem extrage din teoriile noastre matematice ale celor două forţe. Poate că într-o zi vom avea o teorie matematică a proto-conştiinţei capabilă să facă predicţii la fel de reuşite. Deocamdată nu avem.

Oricât de straniu ar părea, Chalmers susţine că abordarea lui se încadrează perfect în limitele ştiinţei, dacă acestea sunt corect definite. Timp de secole, oamenii de ştiinţă s-au concentrat exclusiv asupra fenomenelor obiective ale realităţii, şi avându-le pe acestea drept ţintă au elaborat ecuaţii care explică de minune datele experimentale şi observaţionale. Dar asemenea date sunt complet disponibile unei analize la persoana a treia. Chalmers sugerează că există şi alte date, cele ale experienţei interioare, şi probabil că şi alte ecuaţii, care captează tipare şi regularităţi în domeniul interior. Ştiinţa convenţională explică aşadar datele exterioare, pe când următoarea eră a ştiinţei va explica datele interioare.

Altfel spus, timp de mulţi ani a fost la modă o concepţie, deseori atribuită fizicianului John Wheeler (cunoscut publicului pentru a fi popularizat termenul de „gaură neagră“), potrivit căreia informaţia e „cea mai fundamentală“ entitate fizică. Pentru a descrie starea lumii acum, furnizez informaţii care precizează configuraţia tuturor particulelor dansatoare şi câmpurilor unduitoare care umplu spaţiul. Legile fizicii preiau aceste informaţii ca date de intrare, iar la ieşire oferă

informații care definesc starea lumii la un moment ulterior. Potrivit acestei concepții, fizica se ocupă cu procesarea informației.

Folosind acest limbaj, propunerea lui Chalmers este că informația are două aspecte: pe de o parte e calitatea obiectivă, accesibilă unei descrieri la persoana a treia – informația care, timp de sute de ani, a fost domeniul fizicii convenționale. Mai există apoi o calitate subiectivă a informației, accesibilă persoanei întâi, pe care fizica nu a luat-o în considerare până acum. O teorie completă a fizicii va trebui să includă nu doar informația exterioară, ci şi pe cea interioară, şi va avea nevoie de legi care să descrie evoluția dinamică a fiecărui tip. Procesarea informației interioare va oferi baza fizică a experienței conştiente.

Visul lui Einstein privind o teorie unificată a fizicii, capabilă să descrie toate particulele şi forțele naturii în cadrul unui formalism matematic unic, a fost numit căutarea unei teorii despre tot. Descrierea aceasta bombastică nefericită, deseori aplicată domeniului meu de cercetare, teoria corzilor, explică de ce sunt atât de des întrebat despre concepțiile mele asupra conştiinței. La urma urmei, conştiința s-ar părea că se încadrează perfect într-o teorie capabilă să explice *totul*. Şi totuşi, aşa cum le repet mereu acelora care mă întreabă, una e să înțelegi fizica particulelor elementare, şi cu totul altceva s-o foloseşti pentru a înțelege mintea. Construirea aparatului ştiințific care să lege nivele extrem de diferite, în privința mărimii şi a complexității, este una dintre sarcinile ştiințifice cele mai dificile. Dacă însă Chalmers are dreptate, conştiința va intra în registrul ştiinței pe prima pagină, la nivelul ecuațiilor fundamentale şi al constituenților primordiali. Ceea ce înseamnă că am putea ajunge

cândva la o cunoaştere care să încorporeze atât latura externă, cât şi pe cea internă a procesării informației – procese fizice obiective şi experiențe conştiente subiective. *Aceasta* ar fi o teorie unificată. M-aş opune în continuare expresiei „teorie despre tot“ – mă aştept ca oamenilor de ştiință să le fie în continuare greu să prezică ce voi mânca mâine la micul dejun –, dar o asemenea cunoaştere ar fi revoluționară.

Este aceasta direcția corectă? M-ar încânta să fie. Ne-am afla atunci la granița unui întreg nou domeniu al realității care aşteaptă să fie explorat. Dar, aşa cum probabil ați presupus, există un mare scepticism că, în efortul său de a descoperi sursa conştiinței, ştiința va trebui să călătorească în ținuturi atât de exotice. Faimosul aforism al lui Carl Sagan că afirmațiile extraordinare necesită dovezi extraordinare e o bună călăuză. Există dovezi copleşitoare privind ceva extraordinar – experiențele noastre interioare –, dar sunt dovezi mult mai puțin convingătoare că aceste experiențe depăşesc posibilitățile explicative ale ştiinței convenționale.

Cunoaşterea noastră s-ar adânci dacă am putea să identificăm condițiile fizice necesare pentru generarea experiențelor subiective, o sarcină esențială pentru teoria conştiinței de care ne ocupăm acum.

Mintea integrează informația

Creierul este un ansamblu striat, umed, de celule care procesează informația. Scanări ale creierului şi sonde invazive au stabilit că diferite părți ale creierului sunt specializate în procesarea anumitor tipuri de informație – optică, auditivă, olfactivă, lingvistică etc.[26] Singură însă, procesarea informației

nu captează calitățile distinctive ale creierului. Numeroase sisteme fizice procesează informația, de la abac şi termostat până la computer, iar dacă e să luăm în serios perspectiva lui Wheeler, într-un anumit sens orice sistem fizic poate fi conceput ca un procesor de informație. Şi atunci ce distinge tipul de procesare a informației care dă naştere conştiinței? Întrebarea aceasta îl călăuzeşte pe psihiatrul şi neurologul Giulio Tononi, căruia i s-a alăturat neurologul Christof Koch. Cercetările lor au dus la o abordare numită *teoria informației integrate*.[27]

Pentru a vă face o idee despre această teorie, imaginați-vă că vă dăruiesc un Ferrari roşu nou-nouț. Indiferent dacă sunteți sau nu pasionat de maşinile sport de mare clasă, întâlnirea aceasta vă stimulează creierul cu o mulțime de date senzoriale. Informațiile care exprimă calitățile vizuale, tactile şi olfactive ale maşinii, precum şi conotațiile mai abstracte, de la puterea dezvoltată până la asocierile cu luxul şi bogăția, se combină imediat într-o experiență cognitivă unificată. Este o experiență al cărei conținut informațional Tononi l-ar considera *foarte integrat*. Concentrându-vă fie şi numai asupra culorii maşinii, observați că experiența voastră nu e a unui Ferrari incolor, pe care apoi mintea îl vopseşte în roşu. Nici a unui mediu roşu abstract din care apoi mintea modelează un Ferrari. Deşi informațiile despre formă şi culoare activează porțiuni diferite ale cortexului vizual, experiența conştientă privind forma şi culoarea maşinii sunt inseparabile. Le percepeți unitar. Potrivit lui Tononi, aceasta e o calitate intrinsecă a conştiinței: Informațiile care străbat experiența conştientă sunt strâns întrețesute.

O a doua calitate intrinsecă a conştiinței este

capacitatea minții de a reține o gamă enormă de lucruri. De la un cortegiu ameţitor de experienţe senzoriale până la avânturi ale imaginației, planuri şi gânduri abstracte, griji şi anticipări, dispunem de un repertoriu mental practic nelimitat. Ceea ce înseamnă că atunci când mintea e concentrată asupra unei anumite experienţe conştiente, de pildă un Ferrari roşu, aceasta e foarte diferențiată în raport cu marea majoritate a celorlalte experienţe mentale pe care le-am putea avea în acel moment. Propunerea lui Tononi promovează aceste observații la statutul unei caracterizări definitorii: *conştiința este informație foarte integrată şi foarte diferențiată*.

Majorității informațiilor le lipsesc aceste calități. Fotografiați un Ferrari roşu şi examinați fişierul digital obținut. Pentru a simplifica lucrurile, nu vă preocupați de amănunte precum comprimarea imaginii şi imaginați-vă în schimb că fişierul constă dintr-o matrice de numere ale căror valori înregistrează informațiile legate de culoarea şi strălucirea fiecărui pixel al imaginii. Numerele acestea sunt generate de fotodiode din aparatul de fotografiat care reacționează la lumina reflectată de porțiuni distincte de pe suprafața maşinii. Cât de integrată e această informație? Întrucât reacția fiecărei fotodiode e independentă de ale celorlalte – nu există nici o comunicare sau legătură între ele –, informația din fişierul digital e complet compartimentată. Puteți stoca datele pentru fiecare pixel într-un fişier separat, iar conținutul total al informației va rămâne neschimbat. Ceea ce înseamnă că nu există nici o integrare a informației. Cât de diferențiată e informația din fişierul digital? Deşi fişierul digital al unui aparat de fotografiat poate stoca o diversitate enormă de imagini posibile,

conținutul informațional e restrâns la o matrice fixă de numere independente. Atât şi nimic mai mult. Un fişier foto digital nu e conceput pentru a examina etica pedepsei capitale sau a se strădui să demonstreze Ultima Teoremă a lui Fermat. În acest sens, conținutul informațional e extrem de limitat, ceea ce înseamnă că, în privința diferențierii informației, aparatul foto nu marchează multe puncte.

Prin urmare, în timp ce creierul construieşte o reprezentare mentală, conținutul informațional al acesteia devine rapid foarte integrat şi foarte diferențiat, dar în timp ce aparatul foto construieşte o fotografie digitală, informația nu dobândeşte nici una dintre aceste trăsături. De aceea, potrivit lui Tononi, aveți o experiență conştientă a unui Ferrari, pe când aparatul foto digital nu are.

Pentru ca aceste considerații să devină cantitative, Tononi a propus o formulă care atribuie o valoare numerică informației conținute în orice sistem dat, notată de obicei cu Φ, valorile mari ale lui Φ indicând o diferențiere mai mare şi o integrare mai profundă – şi deci, potrivit teoriei, un nivel de conştientizare mai înalt. Abordarea prezintă aşadar un spectru continuu, de la sisteme simple, cu o mai redusă integrare şi diferențiere a informației, care pot avea experiența unor forme rudimentare de conştiință, până la sisteme mai complexe, precum noi înşine, cu o integrare şi diferențiere suficientă pentru a produce nivelul familiar de conştientizare, şi la posibilitatea unor sisteme încă şi mai complexe ale căror capacități informaționale – şi experiență conştientă – să le depăşească pe ale noastre.

La fel ca abordarea lui Chalmers, teoria lui Tononi are o tendință panpsihistă. Nimic din propunerea lui nu este intrinsec legat de o anumită

structură fizică. Experiența noastră conştientă rezidă într-un creier biologic, dar, potrivit lui Tononi şi matematicii sale, o valoare suficient de mare a lui Φ, indiferent dacă e conținută în sinapse neurale sau în stele neutronice, înseamnă conştiință. Pentru unii, precum informaticianul Scott Aaronson, aceasta face teoria vulnerabilă la ceea ce el consideră un atac devastator. Calculele lui Aaronson au arătat că prin conectarea ingenioasă a unor porți logice simple (cele „mai fundamentale“ comutatoare logice), rețeaua rezultată poate avea valori oricât de mari ale lui Φ – echivalente cu ale creierului uman sau chiar mai mari.[28] Conform teoriei, rețeaua de comutatoare trebuie să fie conştientă. Iar aceasta e o concluzie pe care Aaronson – şi intuiția majorității oamenilor – o consideră absurdă. Răspunsul lui Tononi? Oricât de stranie şi nefamiliară ar fi concluzia, rețeaua *va fi* conştientă.

Acum, v-ați putea gândi, nu se poate ca El să creadă asta *cu adevărat*. Dar examinați-vă neîncrederea în context. Cum e posibil ca 1.400 de grame de materie cerebrală, aprovizionată în mod adecvat cu sânge şi conectată la o rețea de nervi, să aibă experiențele conştiente familiare? *Aceasta* e afirmația, bazată pe tot ce a dezvăluit ştiința până în prezent, care pune credulitatea la încercare. Şi totuşi, datorită lumii voastre interioare, este o afirmație pe care o acceptați cu uşurință. Dacă apoi vă prezint altceva, ceva lipsit de corp şi de creier, şi vă sugerez că este de asemenea conştient, efortul pentru a accepta această nouă afirmație poate părea semnificativ, dar de fapt, prin comparație, e modest. Admițând sugestia aproape ridicolă că un boț cenuşiu vâscos de neuroni are conştiință, ați făcut deja pasul cel mare. Acesta nu e un argument în favoarea propunerii lui Tononi, dar arată limpede că

familiaritatea ne poate deforma simțul absurdului.

Dacă această abordare se va dovedi corectă, ea va lămuri însuşirile pe care trebuie să le posede un sistem pentru a produce o experiență conştientă. Acesta ar fi un progres substanțial. Totuşi, în forma sa actuală, teoria informației integrate ne lasă să ne întrebăm de ce conştiința *se simte* aşa cum se simte. Cum poate informația foarte integrată şi foarte diferențiată să producă conştiință de sine? Potrivit lui Tononi, o produce pur şi simplu. Sau, mai precis, el sugerează că aceasta ar putea fi o întrebare greşită. Sarcina noastră, în concepția lui, nu e să explicăm cum apare experiența conştientă dintr-un vârtej de particule, ci să determinăm condițiile necesare pentru ca un sistem să aibă asemenea experiențe. Iar teoria informației integrate tocmai asta încearcă să facă. Deşi apreciez această perspectivă, intuiția mea, modelată de succesele spectaculoase ale explicațiilor reducționiste, va rămâne nesatisfăcută până când nu vom conecta procesele fizice implicând ingredientele corpusculare familiare cu senzațiile mentale.

O ultimă presupunere pe care o vom examina în continuare adoptă o strategie diferită. Este o explicație în întregime fizicalistă şi oferă una dintre abordările cele mai edificatoare ale misterului conştiinței.

Mintea modelează mintea

Teoria conştiinței a neurologului Michael Graziano începe cu o pereche de însuşiri bine-cunoscute ale funcționării creierului, pe care toți le putem accepta cu uşurință.[29] Pentru a le înțelege, să revenim la Ferrari. Să ne imaginăm că vedem exteriorul roşu lucios al maşinii, că simțim forma ergonomică

netedă a mânerelor de la uşi, mirosul inconfundabil de maşină nouă etc. Intuitiv, ne gândim la toate acestea ca la experienţe directe ale unei realităţi exterioare, dar ştim de secole că nu este aşa. Ştiinţa modernă afirmă explicit lucrul acesta. Lumina roşie reflectată de suprafaţa unui Ferrari este un câmp electric care oscilează de aproximativ patru sute de bilioane [4×10^{14}] de ori pe secundă la unghiuri drepte faţă de un câmp magnetic oscilant similar, ambele îndreptându-se spre noi cu trei sute de milioane de metri pe secundă. Aceasta e fizica luminii roşii, şi acesta e stimulul cu care se întâlnesc ochii.[30] De reţinut că în descrierea fizică nu există nimic „roşu“. Culoarea roşie apare atunci când câmpul electromagnetic pătrunde în ochi, excită moleculele din retină sensibile la lumină şi generează un impuls purtat către cortexul vizual al creierului, care e specializat în procesarea informaţiei vizuale şi interpretează semnalul. Roşul este un construct uman care se naşte în adâncurile creierului. Dar mirosul acela de maşină nouă? O poveste similară. Scaunele, mocheta şi plasticul emană molecule de gaz care umplu aerul din interiorul maşinii. Nu există nici un miros de maşină nouă până când moleculele acelea nu pătrund în nări, vin în atingere cu neuronii receptori din epiteliul olfactiv şi generează un impuls care se propagă de-a lungul nervului olfactiv până în bulbul olfactiv, care retransmite semnalul procesat către diverse structuri neurologice pentru interpretare. La fel ca în cazul roşului, singurul loc unde se produce mirosul de maşină nouă e în interiorul creierului.

Prin urmare, atunci când acel Ferrari ne atrage atenţia, un ansamblu de mecanisme de procesare a datelor se pune în mişcare. Roşu, frumos mirositor, lucios, metalic, sticlă, roţi, motor, putere, mişcare,

viteză etc. – o gamă de proprietăți fizice şi capacități funcționale sunt invocate şi reunite de creierul nostru în versiunea maşinii pe care o avem în minte. Până acum, asta pare similar cu teoria informației integrate, dar propunerea lui Graziano ne duce într-o altă direcție. Teza lui centrală este că, oricât de atenți am fi la detalii, reprezentările mentale sunt întotdeauna simplificate enorm. Chiar şi descrierea maşinii ca „roşie“ este o stenogramă pentru numeroasele frecvențe luminoase similare, dar distincte – multele nuanțe de roşu –, care sunt reflectate de diferite porțiuni ale suprafeței maşinii: de exemplu, un punct aflat pe portiera şoferului reflectă unde electromagnetice care oscilează cu 435.172.874.363.122 cicli pe secundă; un punct aflat pe capotă reflectă unde care oscilează cu 447.892.629.261.106 cicli pe secundă etc.[31] Am ameți dacă mintea ar fi confruntată cu o asemenea supraabundență de detalii. În schimb, „roşu“ este o simplificare mentală bine-venită, deşi schematică. La fel şi în cazul imensei colecții de simplificări similare pe care le efectuează în permanență mintea. Pentru aproape tot ce întâlnim în mediul înconjurător, o reprezentare schematică nu numai că e adecvată, dar şi eliberează resurse mentale pentru alte scopuri de susținere a vieții. Cu mult timp în urmă, creierele care s-au lăsat distrase de avalanşa detaliilor lumii fizice probabil că au fost rapid mâncate. Au supraviețuit acele creiere care au evitat să fie acaparate de amănunte fără valoare pentru supraviețuire. Înlocuiți maşina roşie cu o avalanşă tunătoare sau un cutremur de pământ, şi veți vedea ce avantaj pentru supraviețuire e o reprezentare mentală rapidă, chiar dacă imprecisă, care facilitează o reacție promptă.

Atunci când atenția noastră nu e îndreptată asupra

maşinilor, avalanşelor sau cutremurelor de pământ, ci se concentrează asupra animalelor sau oamenilor, creăm în mod similar reprezentări mentale schematice. Dar, dincolo de reprezentările formelor lor fizice, creăm şi reprezentări mentale schematice ale minții lor. Încercăm să apreciem ce se petrece în capetele lor – dacă un anumit animal sau om e prieten sau duşman, dacă oferă siguranță sau reprezintă un pericol, dacă urmăreşte avantajul reciproc sau câştigul egoist. Evident, a stabili rapid natura întâlnirii noastre cu alte ființe vii are o valoare considerabilă pentru supraviețuire. Cercetătorii numesc această capacitate, rafinată de-a lungul generațiilor prin selecție naturală, *teoria minții*[32] (teoretizăm intuitiv că ființele vii sunt dotate cu minți care funcționează mai mult sau mai puțin asemănător cu a noastră) sau *atitudine intențională*[33] (atribuim cunoaştere, credințe, dorințe şi, prin urmare, intenții animalelor şi oamenilor cu care ne întâlnim).

Graziano subliniază că această capacitate o aplicăm în mod curent nouă înşine: creăm în permanență o reprezentare mentală schematică a stării noastre mentale. Dacă privim un Ferrari roşu, creăm o reprezentare schematică nu doar a maşinii, ci şi a atenției noastre concentrate asupra acesteia. Toate trăsăturile pe care le reunim pentru a reprezenta acel Ferrari sunt amplificate de o calitate suplimentară care rezumă propria noastră concentrare mentală: Ferrariul e roşu, neted şi lucios, *iar* atenția noastră e concentrată asupra faptului că Ferrariul e roşu, neted şi lucios. În felul acesta monitorizăm relația noastră cu lumea.

La fel ca în cazul reprezentării maşinii şi al modului cum ne reprezentăm atenția celorlalți, reprezentarea propriei noastre atenții omite un

număr mare de amănunte. Sunt ignorate descărcările neuronale subiacente, procesarea informației şi schimburile complexe de semnale care generează concentrarea, iar în locul acestora e schițată atenția însăşi, ceea ce în limbajul comun numim de regulă „stare conştientă“. Potrivit lui Graziano, acesta e motivul esențial pentru care experiența conştientă pare să plutească neancorată în minte. Când predilecția creierului pentru reprezentări schematice simplificate îi este aplicată lui însuşi, propriei sale atenții, descrierea rezultată ignoră procesele fizice răspunzătoare pentru acea atenție. De aceea, gândurile şi senzațiile par eterice, ca şi cum ar veni de nicăieri, ca şi cum ar pluti în interiorul capului. Dacă reprezentarea schematică a corpului ar omite brațele, mişcarea mâinilor ne-ar părea de asemenea eterică. De aceea experiența conştientă pare complet distinctă de procesele fizice efectuate de constituenții noştri celulari şi corpusculari. Problema dificilă pare dificilă – conştiința pare a transcende nivelul fizic – numai fiindcă modelele noastre mentale schematice suprimă cunoaşterea mecanismelor cerebrale care leagă gândurile şi senzațiile de fundamentele lor fizice.

Atracția unei teorii fizicaliste precum cea a lui Graziano (şi altele care au fost propuse şi dezvoltate)[34] este că, la fel ca viața, conştiința e redusă la aranjamente favorabile ale unor constituenți neînsuflețiți, lipsiți de gânduri şi emoții. Fără îndoială că între noi şi o asemenea țară făgăduită a cunoaşterii reducționiste se întinde un vast peisaj neurologic. Dar, spre deosebire de terra incognita preconizată de Chalmers, unde cercetătorii vor trebui să străbată ținuturi stranii şi să-şi croiască drum printr-o vegetație nefamiliară, expediția fizicalistă probabil că va oferi surprize mai puțin

exotice. Dificultatea nu va consta în explorarea unei lumi străine, ci în cartografierea lumii noastre – creierul – cu detalii fără precedent. Familiaritatea terenului va face ca o călătorie reuşită să fie atât de miraculoasă. Fără să necesite o scânteie supraştiințifică, fără să invoce noi calități ale materiei, conştiința va apărea pur şi simplu. Substanța obişnuită, guvernată de legi obişnuite, efectuând procese obişnuite, va avea capacitatea extraordinară de a gândi şi a simți.

Am întâlnit mulți oameni care se opun acestei perspective. Oameni care simt că orice încercare de a include conştiința în descrierea fizică a lumii depreciază cea mai prețioasă calitate a noastră. Oameni care sugerează că programul fizicalist e abordarea stângace a unor oameni de ştiință care sunt orbiți de materialism şi nu-şi dau seama de adevăratele minuni ale experienței conştiente. Fireşte, nimeni nu ştie cum vor evolua lucrurile. Poate că peste o sută sau o mie de ani programul fizicalist va părea naiv. Eu mă îndoiesc. Dar, admițând această posibilitate, e de asemenea important să combatem prezumpția că prin delimitarea unei baze fizice a conştiinței o devalorizăm. Faptul că mintea poate să facă tot ceea ce face e extraordinar. Că ea poate realiza totul cu nimic altceva decât tipurile de ingrediente şi de forțe care țin laolaltă ceaşca mea de cafea e încă şi mai extraordinar. Conştiința ar fi demistificată fără a fi diminuată.

Conştiința şi fizica cuantică

De-a lungul deceniilor, s-a spus adesea că fizica cuantică e esențială pentru înțelegerea conştiinței. Într-un sens, este cu siguranță adevărat. Structurile

materiale, inclusiv creierul, sunt alcătuite din particule al căror comportament e guvernat de legile mecanicii cuantice. Prin urmare, mecanica cuantică e baza fizică a tuturor lucrurilor, inclusiv mintea. Dar, atunci când conştiința întâlneşte cuantele, sunt sugerate conexiuni mai profunde. Multe dintre ele se explică printr-o lacună în înțelegerea mecanicii cuantice, care a rezistat unui secol de reflecții ale unora dintre cele mai strălucite minți ştiințifice şi filozofice. Să explic.

Mecanica cuantică e cadrul teoretic cel mai riguros pentru descrierea proceselor fizice din câte au fost elaborate vreodată. Nici una dintre predicțiile sale n-a fost contrazisă de experimente repetabile, iar rezultatele unora dintre calculele cuantice cele mai detaliate concordă cu datele experimentale cu o precizie mai mare de unu la un miliard. Dacă limbajul cifrelor nu vă e familiar, le puteți omite de cele mai multe ori. Dar nu şi acum. Să luăm de exemplu numărul pe care tocmai l-am menționat: *calculele cuantice, bazate pe ecuația lui Schrödinger, concordă cu măsurătorile experimentale cu o precizie mai mare de nouă zecimale.*[35] Trompetele să sune, iar specia să facă o reverență, fiindcă aceasta reprezintă un triumf al cunoaşterii umane.

Şi totuşi, în miezul teoriei cuantice se află o enigmă.

Principala caracteristică nouă a mecanicii cuantice este că predicțiile ei sunt probabilistice. De exemplu, teoria poate afirma că sunt 20% şanse ca un electron să fie aici, 35% şanse ca el să fie acolo şi 45% şanse ca el să fie dincolo. Dacă pe urmă măsurăm poziția electronului într-un mare număr de versiuni preparate identic ale aceluiaşi experiment, vom constata cu o precizie impresionantă că

electronul *este* aici în 20%, *este* acolo în 35% şi *este* dincolo în 45% dintre măsurători. De aceea avem încredere în mecanica cuantică.

Dependența teoriei cuantice de probabilități poate să nu pară prea exotică. În fond, atunci când dăm cu banul, de asemenea folosim probabilități pentru a descrie rezultatul posibil – sunt 50% şanse ca moneda să fie avers şi 50% şanse să fie revers. Dar există o deosebire, familiară multora şi totuşi profund şocantă: În descrierea clasică obişnuită, după ce aruncăm moneda, însă înainte de a privi, moneda e fie avers, fie revers, atâta doar că nu ştim care anume. Dimpotrivă, în descrierea cuantică, înainte să examinăm locul unde se găseşte un electron care are 50% şanse să fie aici şi 50% şanse să fie acolo, particula nu e *nici* aici, *nici* acolo. În schimb, mecanica cuantică afirmă că particula pluteşte într-un amestec difuz de a fi *şi* aici, *şi* acolo. Iar dacă probabilitățile îi dau electronului şanse diferite de zero de a se afla într-o mulțime de poziții, atunci potrivit mecanicii cuantice el va pluti într-un amestec difuz care-l situează simultan în toate. E un lucru atât de straniu, încât am fi tentați să respingem teoria din capul locului. Iar dacă n-ar exista capacitatea inegalabilă a mecanicii cuantice de a explica datele experimentale, reacția ar fi deopotrivă universală şi justificată. Datele ne obligă totuşi să tratăm mecanica cuantică cu cel mai profund respect, astfel încât noi, oamenii de ştiință, am lucrat neobosit pentru a înțelege această trăsătură contraintuitivă.[36]

Problema este că, pe măsură ce ne-am străduit mai mult, lucrurile au devenit şi mai ciudate. Nu există nimic în ecuațiile cuantice care să arate cum trece realitatea de la amestecul difuz între multe posibilități la rezultatul unic bine definit care se

obține după efectuarea unei măsurători. De fapt, dacă presupunem – ceea ce pare perfect logic – că aceleaşi ecuații cuantice de succes se aplică nu doar electronilor (şi altor particule) pe care le studiem, ci şi electronilor (şi altor particule) care alcătuiesc echipamentul nostru, precum şi acelora care ne alcătuiesc pe noi înşine şi creierul nostru, atunci, potrivit matematicii, tranziția nu ar trebui să se producă deloc. Dacă electronul pluteşte fiind atât aici, cât şi acolo, atunci echipamentul ar trebui să constate că el este atât aici, cât şi acolo, iar după citirea datelor afişate creierul ar trebui să gândească că electronul este atât aici, cât şi acolo. Altfel spus, după efectuarea unei măsurători, confuzia cuantică a particulelor studiate ar trebui să infecteze echipamentul, creierul şi pesemne conştiința, făcând gândurile să plutească în amestecul difuz de mai multe rezultate. Dar după fiecare măsurătoare nu observăm nimic din toate acestea. Observăm că am obținut un singur rezultat, bine definit. Dificultatea, cunoscută ca problema măsurătorii cuantice, constă în a rezolva disparitatea enigmatică între realitatea cuantică difuză descrisă de ecuații şi realitatea familiară bine definită pe care o percepem în permanență.[37]

Încă din anii 1930, fizicienii Fritz London şi Edmond Bauer[38], iar câteva decenii mai târziu laureatul Nobel Eugene Wigner[39] au sugerat că soluția ar putea fi conştiința. La urma urmei, enigma devine enigmatică numai atunci când ne referim la experiența conştientă a unei realități definite, producând un dezacord între ceea ce spunem şi ceea ce prezice matematica mecanicii cuantice. Imaginați-vă aşadar că regulile mecanicii cuantice se aplică de-a lungul întregului lanț, de la electronul măsurat la particulele din echipamentul care

efectuează măsurătoarea şi la particulele care alcătuiesc dispozitivul de afişaj al echipamentului. Dar atunci când priviți afişajul şi datele senzoriale vă pătrund în creier, ceva se modifică: legile cuantice standard încetează să se mai aplice. În schimb, odată cu intrarea în joc a conştiinței, un alt proces preia ştafeta – un proces care asigură că luați cunoştință de un singur rezultat bine definit. Conştiința va fi aşadar un participant intim în fizica cuantică, dictând ca, pe măsură ce lumea evoluează, toate numeroasele viitoruri posibile, cu excepția unuia singur, să fie eliminate din realitatea însăşi sau cel puțin din conştiința noastră cognitivă.

Puterea de seducție e vizibilă. Mecanica cuantică e misterioasă. Conştiința e misterioasă. Cât de plăcut este să ne imaginăm că misterele lor sunt înrudite, sau că sunt unul şi acelaşi mister, sau că fiecare mister îl rezolvă pe celălalt. Dar în deceniile mele de imersiune în fizica cuantică nu am întâlnit vreun argument matematic sau vreo dată experimentală care să-mi schimbe vechea opinie despre această presupusă legătură: extrem de improbabilă. Experimentele şi observațiile noastre susțin ideea că atunci când un sistem cuantic e examinat – indiferent dacă examinatorul este o ființă conştientă sau un instrument lipsit de minte – sistemul iese brusc din ceața cuantică probabilistă şi capătă o realitate bine definită. Interacțiunile – iar nu conştiința – determină emergența unei realități bine definite. Fireşte, pentru a verifica lucrul acesta, sau de fapt orice altceva, trebuie să apelez la conştiință; nu pot fi conştient de un rezultat fără ca mintea mea conştientă să participe la proces. Prin urmare, nu avem un argument irefutabil conform căruia conştiința nu joacă vreun rol cuantic special. Totuşi, chiar şi în abordările cele mai rafinate, care

merg mult dincolo de identificarea superficială a două mistere aparent distincte, legăturile propuse între fizica cuantică şi conştiință sunt firave.

Concomitent cu înțelegerea mecanicii cuantice se va adânci şi explicația proceselor microfizice care stau la baza tuturor funcțiilor, inclusiv cele ale corpului şi creierului. Dintr-o perspectivă fizicalistă, conştiința se află printre aceste funcții, şi ca atare într-o zi va fi inclusă în explicația cuantică. Exceptând însă o surpriză de proporții, manualele de mecanică cuantică din viitorul apropiat sau îndepărtat nu vor include instrucțiuni speciale pentru utilizarea ecuațiilor în prezența conştiinței. Oricât de minunată ar fi, conştiința va fi înțeleasă ca una dintre calitățile fizice care apar într-un univers cuantic.

Liberul-arbitru

Puțini dintre noi se mândresc cu felul în care pancreasul produce chimotripsină, sau cu felul în care rețeaua nervului trigemen provoacă un strănut. Procesele noastre autonome nu ne interesează în mod special. Dacă cineva mă întreabă cine sunt, apelez la gândurile, senzațiile şi amintirile pe care le pot accesa cu ochiul minții sau interoga cu vocea mea interioară. Pancreasul oricui sintetizează chimotripsină şi oricine strănută, dar îmi place să cred că există ceva profund, complet şi intrinsec personal în ceea ce gândesc, în ceea ce simt şi în ceea ce fac. În strânsă legătură cu această intuiție este o credință atât de comună, încât mulți dintre noi nu-i acordă nici cea mai mică atenție: avem o voință care e liberă. Suntem autonomi. Luăm propriile noastre decizii. Suntem sursa ultimă a acțiunilor noastre. Oare aşa să fie?

Această întrebare a inspirat mai multe pagini în literatura filozofică decât majoritatea celorlalte probleme dificile. Cu două mii de ani în urmă, austera viziune despre lume a lui Democrit, constând din atomi şi spațiul vid, a fost o premoniție a unității lumii, abandonând capriciile zeilor în favoarea unor legi imuabile. Dar, indiferent dacă mişcările oamenilor sunt complet controlate de puterea divină sau de legea fizică, rămâne întrebarea dacă şi unde e loc pentru acțiuni voite în mod liber.[40] Un secol mai târziu, Epicur, care respinsese intervenția divină, deplângea faptul că determinismul ştiințific sufoca liberul-arbitru. Dacă acceptăm că zeii dețin autoritate, există cel puțin şansa ca veneraţia noastră statornică să fie răsplătită cu dăruirea unei libertăți. Dar legea naturală, imună la orice linguşire, e incapabilă să slăbească frâiele. Pentru a rezolva dilema, Epicur şi-a imaginat că din când în când atomii se abat aleatoriu în mod spontan de la traiectoria lor, sfidându-şi destinul legiuit şi permițând un viitor care nu e determinat de trecut. Deşi era o idee ingenioasă, puțini au fost cei care au văzut în introducerea arbitrară a hazardului în legile naturii o sursă convingătoare pentru libertatea umană. Aşa încât în secolele care au urmat problema liberului-arbitru a continuat să încrețească frunțile unui panteon de gânditori veneraţi – Sfântul Augustin, Thoma de Aquino, Thomas Hobbes, Gottfried Leibniz, David Hume, Immanuel Kant, John Locke – şi al unei întregi genealogii, prea numeroasă pentru a-i menționa pe toți, inclusiv mulți care reflectează în prezent asupra acestor lucruri la catedrele de filozofie din întreaga lume.

Iată o versiune modernă a argumentului care răstoarnă liberul-arbitru. Experiențele noastre par să confirme că influențăm evoluția realității prin

acțiuni care reflectă gândurile, dorințele şi deciziile noastre libere. Menținându-ne însă perspectiva fizicalistă, noi toți nu suntem decât constelații de particule[41] al căror comportament e guvernat în întregime de legea fizică. Opțiunile noastre sunt rezultatul particulelor noastre care gonesc într-o direcție sau alta prin creierul nostru. Acțiunile noastre sunt rezultatul particulelor noastre care se deplasează într-o direcție sau alta prin corpurile noastre. Iar orice mişcare a unor particule – indiferent dacă are loc într-un creier, într-un corp sau într-o minge de baseball – e controlată de fizică, şi ca atare e dictată în întregime prin decret matematic. Ecuațiile determină starea particulelor noastre astăzi pe baza stării lor de ieri, fără ca nimeni dintre noi să aibă şansa de a eluda matematica şi a forma, modela sau schimba evoluția dictată de lege. Într-adevăr, urmărind lanțul acesta tot mai departe în trecut, big bang-ul e sursa ultimă a tuturor particulelor, iar comportamentul lor de-a lungul istoriei cosmice a fost dictat de legile nenegociabile şi insensibile ale fizicii, care determină structura şi funcționarea a tot ce există. Sentimentul nostru al individualității, valorii şi respectului se bazează pe autonomia noastră. Dar, confruntată cu intransigența legii fizice, autonomia se retrage. Nu suntem decât jucării aruncate încoace şi încolo de regulile imparțiale ale cosmosului.

Întrebarea esențială, prin urmare, este dacă există vreun mod de a evita această aparentă disoluție a liberului-arbitru în mişcarea unor particule servile. Mulți gânditori au încercat. Unii s-au dezis de reducționism. Deşi un volum mare de date confirmă că înțelegem în profunzime legile care guvernează particulele individuale (electroni, cuarci, neutrini etc.), poate că, atunci când o sută de miliarde de

miliarde de miliarde de particule sunt aranjate într-un corp şi într-un creier omenesc, ele nu mai sunt guvernate, sau cel puțin nu în întregime, de legile fundamentale ale lumii microscopice. Şi poate că aceasta permite fenomene la scară macroscopică – îndeosebi liberul-arbitru – pe care legile microscopice le-ar interzice.

Ce-i drept, nimeni n-a efectuat vreodată analiza matematică necesară pentru a face predicții asupra evoluției legice a particulelor care constituie o persoană. Complexitatea matematicii ar depăşi cu mult capacitățile celor mai performante calculatoare. Chiar şi prezicerea mişcării unui obiect mult mai simplu, de pildă o bilă de biliard, poate să ne scape, deoarece mici inexactități în determinarea vitezei şi direcției inițiale ale bilei se pot amplifica exponențial în urma ciocnirilor cu bordurile mesei. De aceea nu-mi propun aici să prezic următoarea voastră mişcare. Mă concentrez în schimb asupra existenței legilor care guvernează următoarea voastră mişcare. Iar, deşi calculele depăşesc posibilitățile noastre actuale, niciodată n-a existat un cât de mic indiciu matematic, experimental sau observațional că legile acestea nu ar exercita un control total. Din mişcarea coordonată a unui mare număr de ingrediente microscopice pot desigur apărea fenomene neaşteptate şi impresionante – de la uragane la tigri –, dar toate dovezile sugerează că, dacă am fi capabili să efectuăm calculele matematice pentru grupuri atât de mari de particule în interacțiune, am fi în măsură să prezicem comportamentele lor colective. Prin urmare, chiar dacă din punct de vedere logic e de conceput că într-o zi vom descoperi că ansamblurile de particule care alcătuiesc corpurile şi creierele nu sunt supuse regulilor care guvernează ansamblurile neînsuflețite,

această posibilitate contrazice tot ce a dezvăluit până acum ştiința despre modul cum funcționează lumea.

Alți cercetători au mizat pe mecanica cuantică. În fond, fizica clasică e deterministă: furnizați matematicii fizicii clasice – ecuațiile lui Newton – pozițiile şi vitezele exacte ale tuturor particulelor la un moment oarecare, iar ecuațiile vă vor spune pozițiile şi vitezele lor la orice moment din viitor. Cu o asemenea rigiditate, cu viitorul complet determinat de trecut, cum ar putea rămâne loc pentru liberul-arbitru? Starea particulelor voastre chiar acum, când citiți aceste cuvinte şi reflectați asupra acestor idei, a fost determinată de configurația lor cu mult înainte ca voi să vă fi născut şi deci, cu certitudine, nu a putut fi alegerea voinței voastre. Dar în fizica cuantică, aşa cum am văzut, ecuațiile prezic numai *probabilitatea* pentru felul în care vor fi lucrurile la orice moment din viitor. Introducând un element probabilistic – şansa –, mecanica cuantică pare să ofere o versiune modernă şi motivată experimental a abaterii epicureice, slăbind frâiele deterministe. Dar limbajul vag poate fi înşelător. Matematica mecanicii cuantice, ecuația lui Schrödinger, e la fel de deterministă ca matematica fizicii newtoniene clasice. Deosebirea este că, în timp ce Newton ia ca date de intrare starea de acum a lumii şi produce o stare unică pentru lumea de mâine, mecanica cuantică ia ca date de intrare starea de acum a lumii şi produce un tabel unic de probabilități pentru starea de mâine a lumii. Ecuațiile cuantice oferă multe viitoruri posibile, dar dăltuiesc în piatră matematică, de o manieră deterministă, probabilitatea fiecăruia dintre ele. La fel ca Newton, Schrödinger nu lasă loc liberului-arbitru.

Alți cercetători şi-au îndreptat atenția către problema nerezolvată a măsurătorii cuantice. De înțeles. O lacună în cunoaşterea ştiințifică este un loc atrăgător pentru a ascunde ceva foarte prețios, cel puțin până când lacuna dispare. Acea lacună, amintiți-vă, se leagă de faptul că nu există încă un consens în privința modului în care lumea trece de la descrierea probabilistă oferită de mecanica cuantică la realitatea bine definită a experienței comune. Cum e selectat un singur viitor din lista de posibilități a mecanicii cuantice? Şi, de un interes special aici, ar putea liberul-arbitru să se ascundă în răspuns? Din păcate, nu. Să considerăm un electron care potrivit mecanicii cuantice are 50% şanse să fie *aici* şi 50% şanse să fie *acolo*. Puteți alege liber rezultatul – *aici* sau *acolo* – pe care-l va oferi o observație a poziției sale? Nu puteți. Datele atestă că rezultatul e aleatoriu, iar rezultatele aleatorii nu sunt opțiuni libere. Datele confirmă de asemenea că rezultatele acumulate din multe asemenea experimente au o regularitate statistică: în acest exemplu, jumătate din rezultate vor găsi electronul *aici*, şi jumătate îl vor găsi *acolo*. O opțiune liberă nu e constrânsă, nici măcar în sens statistic, de reguli matematice. Dar aşa cum dovezile o demonstrează în acest caz şi în toate celelalte, matematica *decide*. Prin urmare, deşi trecerea de la probabilitățile cuantice la certitudinile experimentale rămâne enigmatică, e clar că liberul-arbitru nu face parte din proces.

A fi liberi presupune că nu suntem marionete ale căror sfori sunt trase de legea fizică. Dacă legile sunt deterministe (ca în fizica clasică) sau probabiliste (ca în fizica cuantică), acest lucru are o semnificație profundă pentru modul cum evoluează realitatea şi pentru tipurile de predicții pe care le

poate face ştiința. Dar pentru evaluarea liberului-arbitru distincția e irelevantă. Dacă legile fundamentale pot funcționa continuu, fără a se opri vreodată din lipsa intervenției omului, şi se aplică la fel chiar dacă particulele se întâmplă să facă parte din corpuri sau creiere, atunci nu e loc pentru liberul-arbitru. Într-adevăr, aşa cum dovedesc toate experimentele şi observațiile ştiințifice efectuate vreodată, cu mult înainte ca noi, oamenii, să fi intrat în scenă, legile au guvernat fără întrerupere; după venirea noastră, ele au continuat să guverneze fără întrerupere.

Pentru a rezuma: suntem ființe fizice alcătuite din ansambluri mari de particule guvernate de legile naturii. Tot ce facem şi tot ce gândim se reduce la mişcările acelor particule. Dă-mi mâna, iar particulele care alcătuiesc mâna ta le împing în sus şi în jos pe acelea care alcătuiesc mâna mea. Spune salut, iar particulele care alcătuiesc corzile tale vocale pun în mişcare particule de aer din gâtul tău şi declanşează o reacție în lanț de particule în coliziune care se deplasează prin aer sub forma unei unde, izbesc particulele care alcătuiesc timpanele mele, declanşează un val de alte particule în capul meu, iar astfel reuşesc să aud ce spui. Particulele din creierul meu reacționează la stimuli, produc gândul *aceasta e o strângere de mână puternică*, şi trimit semnale purtate de alte particule acelora din brațul meu, făcând ca mâna mea să se mişte în tandem cu a ta. Şi deoarece toate observațiile, experimentele şi teoriile valide confirmă că mişcarea particulelor e controlată în întregime de reguli matematice, nu putem interveni în această evoluție legică a particulelor, aşa cum nu putem schimba valoarea numărului pi.

Alegerile noastre *par* libere fiindcă nu observăm

cum acționează legile naturii la nivel fundamental; simțurile noastre nu dezvăluie modul cum operează legile naturii în lumea particulelor. Simțurile şi rațiunea noastră se concentrează asupra scării umane şi a acțiunilor de zi cu zi: ne gândim la viitor, comparăm evoluțiile şi cântărim posibilitățile. În consecință, atunci când particulele noastre acționează, comportamentul lor colectiv ni se pare că e rezultatul alegerilor noastre autonome. Dar, dacă am avea viziunea supraumană invocată mai sus şi am putea analiza realitatea la nivelul constituenților săi fundamentali, ne-am da seama că gândurile şi comportamentele noastre se reduc la procese complexe de deplasare a unor particule care produc un sentiment puternic de liber-arbitru, dar sunt guvernate în întregime de legea fizică.

Totuşi, a încheia discuția aici ar însemna să omitem o variațiune pe tema libertății care nu e doar în acord cu ce ştim despre legea fizică, dar surprinde o trăsătură care poate fi considerată definitorie pentru ce înseamnă a fi om.

Pietre, oameni şi libertate

Imaginează-ți că tu şi o piatră, fiecare văzându-şi de treburile sale, stați alături relaxați pe o bancă într-un parc. În timp ce eu trec pe acolo, vezi deodată că o creangă grea s-a desprins dintr-un copac şi cade direct spre mine. Sari de pe bancă şi mă îmbrânceşti cu putere, scoțându-ne pe amândoi din calea pericolului. Care e explicația gestului tău eroic de a salva o viață? Toate particulele care te alcătuiesc pe tine şi cele care alcătuiesc piatra sunt supuse exact aceloraşi legi, aşa încât nici tu, şi nici piatra nu aveți liber-arbitru. Şi totuşi tu sari de pe bancă, în vreme ce piatra rămâne pe loc. Cum explicăm asta?

Tu m-ai salvat, nu piatra, fiindcă particulele tale sunt ordonate într-un mod atât de spectaculos, configurate într-o formă atât de impresionantă, încât pot efectua mişcări splendid coregrafiate, care nu sunt posibile pentru particulele care alcătuiesc piatra.[42] În timp ce eu trec pe acolo, tu poți să-mi faci semn cu mâna, sau să mă saluți, sau să-mi spui că ai rezolvat ecuațiile teoriei corzilor, sau să sari coarda, sau să mă salvezi de o creangă în cădere etc. Fotonii care ricoşează de pe fața mea şi intră în ochii tăi, undele sonore produse de căderea unei crengi care-ți pătrund în urechi, influențele tactile de la o rafală de vânt care-ți atinge pielea, precum şi o gamă vastă de alți stimuli externi şi interni pun în mişcare cascade de particule în tot corpul tău, purtând semnale care generează o mulțime de senzații, gânduri şi comportamente, care ele însele sunt tot cascade de particule. Din fericire pentru mine, cascada de particule ca reacție la stimulii produşi de ruperea crengii a făcut ca particulele tale să intre imediat în acțiune. Prin comparație, reacțiile pietrei la stimuli sunt mai estompate. Fotonii incidenți, undele sonore şi presiunile tactile generează cele mai simple reacții. Particulele pietrei pot să vibreze uşor, temperatura lor poate să crească puțin sau, în cazul unui vânt deosebit de puternic, pozițiile ansamblului se pot deplasa uşor. Atâta tot. În interiorul pietrei nu se petrec prea multe lucruri. Ceea ce ne face speciali este că organizarea noastră internă sofisticată permite un spectru bogat de reacții comportamentale.

Ideea, aşadar, este că atunci când evaluăm liberul-arbitru avem mult de câştigat dacă ne mutăm atenția de la concentrarea îngustă asupra cauzei ultime la o examinare mai extinsă a reacției umane. Libertatea noastră nu e în raport cu nişte legi fizice

pe care nu le putem influența. Libertatea noastră constă în etalarea unor comportamente – a sări, a gândi, a imagina, a observa, a delibera, a explica etc. – care nu sunt disponibile pentru majoritatea celorlalte ansambluri de particule. Libertatea umană nu se referă la o alegere voită. Tot ce a dezvăluit ştiința până acum pledează în favoarea ideii că o asemenea intervenție a voinței în desfăşurarea realității nu există. În schimb, libertatea umană constă în eliberarea din sclavia unui spectru restrâns de reacții la care se limitează comportamentul lumii neînsuflețite.

Noțiunea aceasta de libertate nu necesită liber-arbitru. Gestul tău de a-mi salva viața, deşi apreciat la justa lui valoare, a apărut din acțiunea legii fizice, şi nu ca rezultat al unei voințe libere. Dar faptul că particulele tale au putut să sară de pe bancă, iar mai târziu să reflecteze asupra acțiunii lor şi să fie emoționate de această reflecție e într-adevăr uimitor. Particulele grupate într-o piatră nu pot face nici pe departe ceva asemănător. Capacitățile acestea care se manifestă în miracolul gândirii, simțirii şi comportamentului surprind esența faptului de a fi om – esența libertății umane.

Modul cum folosesc termenul „liber“ pentru a descrie comportamente care potrivit legilor fizicii nu sunt voite în mod liber poate să pară un artificiu lingvistic. Dar esențialul, aşa cum a sugerat de mult timp şcoala filozofică compatibilistă, este că în ce priveşte libertatea şi fizica nu e totul pierdut; e un mare câştig să ai în vedere alte tipuri de libertate care sunt compatibile cu legea fizică. Există diverse propuneri pentru felul în care se poate realiza asta, dar e ca şi cum asemenea teorii ne-ar aduce cu un aer sumbru vestea proastă: „În privința tipului tradițional de liber-arbitru, nu vă deosebiți de o

piatră“, pentru ca apoi, când tocmai ne retragem bosumflați, ele să exclame: „Dar nu vă descurajați! Există un *alt* tip de libertate, nu mai puțin agreabilă, de care dispuneți din plin.“[43] În abordarea pe care o susțin, o asemenea libertate se găseşte în evadarea dintr-un registru comportamental restrâns.

Personal, găsesc o mare consolare în acest tip de libertate. În timp ce stau aici şi-mi scriu gândurile, prea puțin mă deranjează să ştiu că la nivelul particulelor fundamentale tot ce gândesc şi tot ce fac constituie derularea unor legi fizice pe care nu le pot controla. Ce contează pentru mine este că, spre deosebire de pupitrul meu, de scaunul meu şi de cana mea, ansamblul meu de particule poate executa un set de comportamente enorm de variat. Într-adevăr, particulele mele tocmai au compus această propoziție, şi mă bucur că au făcut-o. Desigur, acea reacție nu e, la rândul ei, decât armata mea de particule executând ordinele sale cuantice de marş, dar asta nu diminuează realitatea sentimentului. Sunt liber nu fiindcă pot abroga legea fizică, ci fiindcă prodigioasa mea organizare internă mi-a emancipat reacțiile comportamentale.

Relevanță, învățare şi individualitate

A renunța la noțiunea tradițională de liber-arbitru pare să pretindă în continuare abandonarea unei mari părți din ceea ce prețuim. Dacă evoluția realității, inclusiv cea a ființelor vii, e fixată de legea fizică, oare mai contează comportamentul nostru? Nu am putea sta pur şi simplu, fără să facem nimic, şi să lăsăm fizica să-şi urmeze cursul? Există vreun loc pentru individualitate? Ce rol mai pot avea nişte capacități pe care le prețuim foarte mult, ca de pildă învățarea şi creativitatea?

Să începem cu ultima întrebare. Pentru asta, e util să ne gândim la un aspirator robot Roomba. Posedă acesta calitatea tradițională a liberului-arbitru? Nu-i o întrebare-capcană. Cei mai mulți dintre noi vor fi de acord că nu posedă. Şi totuşi, în timp ce alunecă pe podeaua din sufragerie, întâlnind pereți, coloane şi mobilier, configurația particulelor care-l alcătuiesc se rearanjează – hărțile sale de navigație şi instrucțiunile interne se actualizează –, iar aceste schimbări modifică comportamentul ulterior al robotului. Roomba învață. Într-adevăr, confruntat cu dificultatea de a ocoli obiectele întâlnite, soluțiile la care recurge – să evite scările, să înconjoare piciorul mesei etc. – prezintă rudimente de creativitate.[44] Învățarea şi creativitatea nu necesită liber-arbitru.

Organizarea noastră internă, „software-ul“ nostru, e mai rafinat decât al unui Roomba, apărând astfel capacitatea noastră mai sofisticată de învățare şi creativitate. La un moment dat, particulele noastre sunt într-un anumit aranjament. Experiențele noastre, întâlniri exterioare sau deliberări interioare, reconfigurează acel aranjament. Iar aceste reconfigurări influențează comportamentul ulterior al particulelor. Altfel spus, ele ne actualizează software-ul, ajustând instrucțiunile pentru următoarele noastre gânduri şi acțiuni. O scânteie de imaginație, o gafă, o frază ingenioasă, o îmbrățişare empatică, o remarcă disprețuitoare, un gest eroic – toate sunt rezultatul trecerii constelației noastre personale de particule de la un aranjament la altul. În timp ce observăm cum orice persoană sau obiect reacționează la acțiunile noastre, constelația noastră de particule se modifică din nou, reconfigurându-şi tiparul pentru a ne ajusta mai departe comportamentul. La nivelul particulelor care ne alcătuiesc, aceasta *este* învățare. Iar atunci când

comportamentele rezultante sunt noi, reconfigurarea a generat creativitate.

Această discuție pune în evidență una dintre temele noastre centrale: nevoia unor povestiri ierarhizate care să explice straturile distincte, dar interconectate, ale realității. Dacă ne-ar mulțumi o poveste care descrie evoluția realității doar la nivelul particulelor, n-am fi motivați să introducem concepte precum învățarea şi creativitatea (sau, în acest context, entropia şi evoluția). Tot ce ar trebui să ştim e modul cum ansamblurile de particule îşi rearanjează în permanență configurația, iar informația aceasta e furnizată de legile fundamentale (şi specificarea stării particulelor la un anumit moment din trecut). Dar cei mai mulți dintre noi nu ne mulțumim cu acest gen de poveste. Ni se pare edificator să spunem poveşti suplimentare, compatibile cu explicația reducționistă, dar concentrate asupra unor scări mai mari şi mai familiare. În aceste poveşti, ale căror personaje principale sunt agregate de particule la fel ca noi şi ca Roomba, conceptele care includ învățarea şi creativitatea (şi entropia şi evoluția) oferă un limbaj indispensabil. În vreme ce povestea reducționistă care-l descrie pe Roomba ar cataloga mişcarea a miliarde de miliarde de particule, povestea de nivel superior ar explica felul cum senzorii robotului au recunoscut că se află la marginea unui şir de trepte, au înregistrat în memorie acea poziție primejdioasă şi au schimbat direcția pentru a evita o cădere catastrofală. Cele două poveşti sunt perfect compatibile, deşi una foloseşte limbajul particulelor şi legilor fizicii, iar cealaltă foloseşte limbajul stimulilor şi reacțiilor. Şi deoarece reacțiile lui Roomba includ capacitatea de a-şi schimba comportamentul în viitor prin actualizarea

instrucțiunilor sale interne, conceptele de învățare şi creativitate sunt esențiale pentru povestea de nivel superior.

Asemenea poveşti ierarhizate sunt şi mai relevante când e vorba de noi înşine. Explicația reducționistă, care ne descrie ca pe nişte ansambluri de particule, oferă o cunoaştere importantă, dar limitată. Recunoaştem, de pildă, că suntem alcătuiți din aceeaşi substanță şi guvernați de aceleaşi legi ca toate structurile materiale. Dar povestea de nivel superior, povestea umană, este cea în care ne trăim viețile. Gândim şi deliberăm, luptăm şi ne străduim, reuşim şi eşuăm. Aceste poveşti spuse în limbajul acesta familiar trebuie să fie, şi de data asta, pe deplin compatibile cu descrierile reducționiste spuse în termenii particulelor. Dar în viața de zi cu zi aceste poveşti de nivel superior sunt incomparabil mai edificatoare. Când cinez împreună cu soția, nu mă interesează să aflu despre mişcările celor o sută de miliarde de miliarde de miliarde de particule ale ei. Dar când îmi vorbeşte despre ideile la care se gândeşte, locurile unde merge şi oamenii cu care se întâlneşte, sunt numai urechi.

În cadrul unor asemenea descrieri de nivel superior, vorbim ca şi cum acțiunile noastre ar avea relevanță, alegerile noastre ar avea impact, deciziile noastre ar avea semnificație. Dar într-o lume care evoluează guvernată de o lege fizică imuabilă, oare chiar au? Bineînțeles că au. Când eul meu în vârstă de zece ani a aprins un chibrit într-o sobă plină cu gaz, acea acțiune a avut consecințe. Acea acțiune a declanşat o explozie. Descrierea de nivel superior care relatează o serie de evenimente conectate – senzația de foame, introducerea pizzei în cuptor, pornirea gazului, aşteptarea, aprinderea chibritului, răbufnirea flăcărilor – e precisă şi instructivă. Fizica

nu neagă povestea aceasta şi n-o face irelevantă, ci o amplifică. Fizica ne spune că mai există şi altă descriere, subiacentă povestirii la nivel uman, spusă în limbajul legilor şi al particulelor.

Remarcabil, iar pentru unii tulburător, este că aceste descrieri subiacente dezvăluie că o credință comună care impregnează poveştile noastre de nivel superior e falsă. Avem impresia că suntem autorii ultimi ai alegerilor, deciziilor şi acțiunilor noastre, dar povestea reducționistă afirmă clar că nu suntem. Nici gândurile, nici comportamentele noastre nu pot scăpa din strânsoarea legii fizice. Totuşi, secvențele conectate cauzal aflate în centrul poveştilor noastre de nivel superior – senzația mea de foame care m-a făcut să introduc pizza în cuptor, să-i verific temperatura, iar la urmă să aprind un chibrit – sunt manifeste şi reale. Gândurile, reacțiile şi acțiunile contează. Ele produc consecințe. Ele sunt verigile din lanțul evoluției fizice. Un fapt neaşteptat pe baza experiențelor şi intuițiilor noastre e că asemenea gânduri, reacții şi acțiuni apar din cauze anterioare dirijate prin intermediul legilor fizicii.

Responsabilitatea joacă şi ea un rol. Chiar dacă particulele mele, şi deci comportamentele mele, sunt sub jurisdicția deplină a legii fizice, „eu“ sunt răspunzător de acțiunile mele. În orice moment, eu *sunt* ansamblul particulelor mele; „eu“ nu este decât o prescurtare reprezentând configurația specială a particulelor mele (care, deşi dinamică, menține tipare suficient de stabile pentru a oferi o senzație consecventă de identitate personală[45]). Comportamentul particulelor mele e deci comportamentul *meu*. Prin controlul exercitat asupra particulelor mele, fizica stă la baza acestui comportament, care nu e rezultatul liberului-arbitru. Dar aceste observații nu diminuează cu nimic

descrierea de nivel superior care recunoaşte că configurația mea specifică de particule – felul cum sunt aranjate particulele mele într-o rețea chimică şi biologică complexă incluzând gene, proteine, celule, neuroni, conexiuni sinaptice etc. – reacționează într-un mod care e doar al meu. Tu şi cu mine vorbim diferit, acționăm diferit, reacționăm diferit şi gândim diferit fiindcă particulele noastre sunt aranjate în moduri diferite. În timp ce aranjamentul meu de particule învață, gândeşte, sintetizează, interacționează şi reacționează, el imprimă individualitatea mea şi pune pecetea responsabilității mele pe fiecare dintre acțiunile mele.[46]

Capacitatea umană de a reacționa într-o mare diversitate de moduri stă mărturie pentru principiile fundamentale care ne-au călăuzit explorarea până acum: pasul în doi entropic şi evoluția prin selecție naturală. Pasul în doi entropic explică modul cum se pot forma agregate ordonate într-o lume care devine tot mai dezordonată, şi felul în care unele agregate, stelele, pot rămâne stabile pe durata a miliarde de ani, producând un flux constant de căldură şi lumină. Evoluția explică felul în care, într-un mediu favorabil precum o planetă scăldată în căldura constantă a unei stele, ansambluri de particule se pot reuni în tipare care fac să apară comportamente complexe, de la replicare şi regenerare la extragerea energiei şi procesarea metabolică, la locomoție şi creştere. Ansamblurile care dobândesc capacitățile suplimentare de a gândi şi a învăța, a comunica şi a coopera, a imagina şi a prezice sunt mai bine echipate pentru a supraviețui, deci pentru a produce ansambluri similare cu capacități similare. Evoluția selectează aşadar aceste capacități şi, generație după generație, le ameliorează. Cu timpul, unele

ansambluri ajung la concluzia că puterile lor cognitive sunt atât de mari, încât transcend legea fizică. Cele mai meditative dintre aceste ansambluri sunt apoi tulburate de conflictul dintre liberul-arbitru pe care îl percep şi controlul subiacent exercitat de legea fizică pe care o recunosc. Dar în realitate nu există nici un conflict, fiindcă nimic nu transcende legea fizică. E imposibil. În schimb, ansamblurile de particule trebuie să-şi reconsidere puterile, concentrându-se nu asupra legilor care guvernează particulele, ci asupra comportamentelor de nivel superior, complexe, extraordinar de bogate, pe care fiecare ansamblu de particule – fiecare individ – le poate manifesta şi trăi. Cât priveşte reorientarea, ansamblurile de particule pot spune o poveste edificatoare despre comportamente şi experienţe minunate, impregnate cu voinţe care se simt libere şi vorbesc ca şi cum ar avea control autonom, deşi sunt în întregime guvernate de legile fizicii.

Unii vor ezita în faţa acestei concluzii. Eu cu siguranţă. Deşi în plan intelectual sunt convins de argumentul prezentat, acesta nu înlătură impresia mea puternică şi profundă că aş controla liber ce se întâmplă în capul meu. Dar forţa impresiei se bizuie în mare parte pe familiaritatea ei. Şi, aşa cum pot atesta mulţi care au experimentat substanţe psihedelice, când identitatea particulelor care străbat creierul e modificată chiar şi în mică măsură, familiarul se poate schimba. Echilibrul puterii în creier se poate schimba. Mintea pare să aibă o minte proprie. Cu decenii în urmă, la Amsterdam, o asemenea experienţă s-a transformat într-una dintre cele mai cumplite nopţi din viaţa mea. Mintea mea a creat o lume interioară în care existau nenumărate copii ale mele, fiecare decisă să saboteze realitatea

percepută de celelalte. În timp ce unul din eurile mele se complăcea în a crede că percepe „adevărata“ realitate, următorul îi dezvăluia caracterul artificial al acelei lumi, nimicind toate lucrurile şi persoanele pe care eul meu inițial le prețuia, dezvăluind o altă realitate „adevărată“, în care noul eu se instala cu încredere – doar pentru ca secvența de coşmar să se repete. Şi să se repete.

Din perspectiva fizicii, n-am făcut decât să-mi introduc în creier un mic grup de particule străine. Dar acea schimbare a fost suficientă pentru a elimina impresia familiară că aş controla liber activitățile din mintea mea. Deşi modelul la nivel reducționist a rămas pe deplin valabil (particule guvernate de legile fizicii), modelul la nivel uman (o minte fiabilă înzestrată cu liber-arbitru, care navighează într-o realitate stabilă) a fost răsturnat. Fireşte, nu prezint un moment psihedelic ca pe un argument în favoarea sau împotriva liberului-arbitru. Dar acea experiență a făcut să fie viscerală o cunoaştere care altminteri ar fi rămas abstractă. Sentimentul nostru legat de cine suntem, capacitățile noastre şi libertatea de voință pe care s-ar părea că o exercităm, toate sunt rezultatul mişcării unor particule în capetele noastre. Jucați-vă cu particulele, iar acele calități familiare se pot diminua. Această experiență m-a ajutat să aliniez înțelegerea rațională a fizicii cu senzația intuitivă a minții.

Experiența şi limbajul cotidian sunt pline de referiri, implicite şi explicite, la liberul-arbitru. Vorbim despre a alege şi a lua decizii. Vorbim despre consecințele acestor acțiuni asupra vieților noastre şi vieților celor cu care venim în contact. Repet, discuția despre liberul-arbitru nu înseamnă că aceste descrieri nu au sens sau că trebuie eliminate.

Ele sunt spuse în limbajul adecvat poveştii la nivel uman. *Facem* alegeri. *Luăm* decizii. *Inițiem* acțiuni. Iar acele acțiuni *au* implicații. Toate acestea sunt reale. Dar, fiindcă povestea la nivel uman trebuie să fie compatibilă cu descrierea reducționistă, trebuie să ne rafinăm limbajul şi supozițiile. Trebuie să renunțăm la ideea că alegerile, deciziile şi acțiunile noastre îşi au originea ultimă în fiecare dintre noi, că sunt creația activității noastre independente, că au apărut în urma unor deliberări aflate dincolo de raza de acțiune a legii fizice. Trebuie să admitem că, deşi *senzația* de liber-arbitru e reală, capacitatea de a exercita liberul-arbitru – capacitatea minții omeneşti de a transcende legile care controlează evoluțiile fizice – nu e reală. Dacă reinterpretăm „liberul-arbitru“ ca însemnând această senzație, atunci poveştile noastre la nivel uman devin compatibile cu descrierea reducționistă. Şi, împreună cu deplasarea accentului de la originea ultimă la comportamentul eliberat, putem adopta o diversitate vastă şi invulnerabilă a libertății umane.

În ce priveşte originea vieții, nu există un moment bine definit în care apare conştiința, reflecția asupra sinelui sau liberul-arbitru. Dar dovezile arheologice sugerează că în urmă cu o sută de mii de ani, poate mai devreme, strămoşii noştri au început să aibă aceste experiențe. Primii oameni adoptaseră de mult poziția verticală. Atunci am putut să privim în jur şi să ne punem întrebări.

Aşadar, ce am făcut cu aceste puteri?

---

11. Joc de cuvinte intraductibil; în limba engleză, *bat* înseamnă atât „liliac“ cât şi „bâtă“ (n. tr.).

6. LIMBAJ ŞI NARAȚIUNE

De la minte la imaginație

Tiparele ocupă un loc central în experiența umană. Supraviețuim fiindcă putem simți şi reacționa la ritmurile lumii. Mâine va fi diferit de astăzi, dar, dincolo de atâtea şi atâtea schimbări, ne bizuim pe caracteristici durabile. Soarele va răsări, pietrele vor cădea, apa va curge. Acestea şi o mulțime nenumărabilă de tipare înrudite pe care le observăm de la un moment la altul ne influențează profund comportamentul. Instinctele sunt esențiale, iar memoria contează, fiindcă tiparele persistă.

Matematica e articularea tiparului. Folosind câteva simboluri, putem concentra un tipar cu economie şi precizie. Pentru Galilei, cartea naturii, despre care credea că-l revelează pe Dumnezeu la fel de sigur ca Biblia, e scrisă în limbajul matematicii. În secolele următoare, gânditorii au dezbătut o versiune laică a acestei perspective. Matematica e un limbaj elaborat de oameni pentru a descrie tiparele observate? Sau e sursa realității, iar tiparele sunt expresia adevărului matematic? Sensibilitățile mele romantice înclină către a doua variantă. Cât de minunat e să ne imaginăm că manevrele noastre matematice ating însuşi fundamentul realității. Dar o evaluare mai puțin sentimentală admite că matematica ar putea fi un limbaj creat de noi, dezvoltat în parte datorită predilecției noastre excesive pentru tipare. La urma urmei, o mare parte din analizele matematice contribuie prea puțin la încurajarea supraviețuirii.

Rareori strămoşii noştri şi-au asigurat mâncarea, şi încă şi mai rar ocazia de a se reproduce, studiind numerele prime sau cuadratura cercului.

În epoca modernă, înzestrările lui Einstein au stabilit un standard inegalabil pentru înțelegerea ritmurilor naturii. Dar, deşi moştenirea lui poate fi rezumată în câteva enunțuri matematice – lapidare, precise şi cuprinzătoare –, incursiunile lui Einstein în străfundurile realității nu au pornit întotdeauna de la ecuații. Nici măcar de la limbaj. „Deseori gândesc în muzică“[1], spunea el. „Foarte rar gândesc în cuvinte.“[2] Poate că procesele voastre mentale le oglindesc pe ale lui Einstein. Ale mele nu. Uneori, când mă lupt cu o problemă dificilă, se întâmplă să am o intuiție bruscă, reflectând un anume proces cerebral care se desfăşoară sub nivelul conştient. Dar atunci când sunt conştient, chiar dacă folosesc imagistica mentală pentru a-mi croi drum către o soluție, ar fi exagerat să spun că lipsesc cuvintele sau că fac o asociere cu muzica. Cel mai adesea progresez în fizică manevrând ecuațiile şi adunând concluziile în propoziții obişnuite, pe care le scriu cu mâna în caiete care umplu un raft după altul. Când mă concentrez, deseori vorbesc cu mine însumi, de regulă tăcut, uneori cu voce tare. Cuvintele sunt esențiale în acest proces. Deşi găsesc că formula lapidară a lui Wittgenstein, „Limitele limbajului meu sunt limitele lumii mele“[3], are o arie de cuprindere prea largă – nu mă îndoiesc că există trăsături esențiale ale gândirii şi experienței aflate în afara limbajului, aspect asupra căruia vom reveni mai târziu –, fără limbaj, capacitatea mea de a efectua anumite tipuri de manevre mentale s-ar diminua. Cuvintele nu doar exprimă raționamentul, ele îi dau viață. Sau, aşa cum spunea cu inegalabilă eleganță Toni Morrison: „Murim. Aceasta ar putea fi

semnificația vieții. Dar creăm limbaj. Aceasta ar putea fi măsura vieților noastre.“[4]

Cu excepția unui geniu singular, dar poate că şi în cazul lui, limbajul e esențial pentru descătuşarea imaginației. Cu ajutorul limbajului putem articula o viziune în care lumea reală oferă o idee vagă asupra unor posibilități mult mai vaste. Putem invoca imagini, autentice sau fanteziste, în minți îndepărtate sau apropiate. Putem transmite cunoştințe dobândite cu trudă, înlocuind dificultatea descoperirii cu uşurința învățării. Putem împărtăşi planuri şi alinia intenții, înlesnind acțiunea coordonată. Putem combina capacitățile noastre creative individuale într-o forță comună cu o relevanță enormă. Putem privi în noi înşine şi să recunoaştem că, deşi modelați de evoluție, suntem capabili să ne ridicăm deasupra necesităților supraviețuirii. Şi ne putem minuna cum o colecție meticulos aranjată de sunete guturale, semivocale, consoane fricative şi pauze poate să transmită cunoştințe despre natura spațiului şi a timpului sau să creeze o imagine emoționantă a iubirii şi a morții: „Wilbur nu a uitat-o niciodată pe Charlotte. Deşi i-a iubit mult pe copiii şi pe nepoții ei, nici unul dintre noii păianjeni nu a reuşit s-o înlocuiască pe deplin în inima lui.“[12]

Cu ajutorul limbajului, ne lansăm în scrierea unei narațiuni colective, o suprapunere a poveştilor care să dea sens experienței.

Primele cuvinte

În pofida palindromului apocrif „Madam, I’m Adam“ [Madam, eu sunt Adam], nimeni nu ştie când am început să vorbim sau de ce. Darwin a speculat că limbajul a apărut din cântec şi şi-a

imaginat că indivizii înzestrați cu talentele lui Elvis îşi vor atrage mai uşor perechea, sporind numărul cântăreților dotați din generațiile următoare. Dispunând de suficient timp, sunetele melodioase se vor transforma treptat în cuvinte.[5] Alfred Russel Wallace, codescoperitorul mai puțin celebru decât Darwin al evoluției prin selecție naturală, a văzut altfel lucrurile. El era convins că selecția naturală nu poate lămuri aptitudinile umane pentru muzică, artă şi, în particular, limbaj. În arena competiției pentru supraviețuire, strămoşii noştri care cântau, pictau sau conversau nu erau, în opinia lui Wallace, cu nimic avantajați față de verişorii lor mai puțin ostentativi. Wallace a văzut doar o singură cale de ieşire: „Trebuie aşadar să admitem posibilitatea“, scria el în *Quarterly Review*, o revistă cu mulți cititori, „că în dezvoltarea rasei umane, o Inteligență Superioară a călăuzit aceleaşi legi către scopuri mai nobile“.[6] Legile altminteri oarbe ale evoluției trebuie să fi fost folosite de o putere divină şi îndreptate către dezvoltarea comunicării şi a culturii. Când Darwin a citit articolul lui Wallace, el a fost consternat, răspunzând cu un „nu“ apăsat[7] pe margine şi scriindu-i lui Wallace: „Sper că n-ai omorât de tot copilul tău şi al meu.“[8]

În secolul şi jumătate care a trecut de atunci, cercetătorii au elaborat diverse teorii despre originea şi dezvoltarea timpurie a limbajului, dar, la fel ca în luptele libere, fiecare propunere aparent convingătoare trebuia să înfrunte un nou oponent. Există un mult mai mare consens în ce priveşte evoluția timpurie a universului. Oricât de ciudat ar părea, e logic. Naşterea universului a lăsat un tezaur de fosile. Nu şi naşterea limbajului. Omniprezenta radiație cosmică de fond în domeniul microundelor, abundențele specifice ale unor atomi simpli precum

hidrogenul şi heliul şi mişcarea galaxiilor îndepărtate oferă amprente directe ale proceselor care au avut loc în epoca de început a universului. Undele sonore, primele manifestări ale limbajului, se risipesc repede în uitare. Ele dispar la câteva clipe după ce au fost emise. În absența unor relicve tangibile, este la latitudinea cercetătorilor să reconstituie istoria timpurie a limbajului, rezultatul fiind, deloc surprinzător, o mulțime de teorii adesea contradictorii.

Dar chiar şi aşa, există un consens larg că limbajul uman se deosebeşte profund de oricare altă formă de comunicare din regnul animal. Dacă am fi maimuțe cercopitec obişnuite, am putea să dăm alarma, prevenindu-i pe ceilalți din tribul nostru că prădătorul care se apropie e un leopard (un scâncet scurt şi ascuțit), un vultur (un forăit grav repetat) sau un piton (o onomatopee numită „chutter“).[9] Am fi însă în mare încurcătură dacă ar trebui să exprimăm groaza pe care am simțit-o ieri când un piton s-a strecurat pe lângă noi, sau să concepem un plan pentru a prăda mâine un cuib de păsări din apropiere. Abilitățile noastre lingvistice s-ar reduce la un ansamblu mic, închis, de rostiri specifice, cu semnificație fixă, toate centrate pe ce se întâmplă chiar aici şi chiar acum. Cam acelaşi lucru e valabil pentru comunicarea observabilă la alte specii. Bertrand Russell spunea: „Un câine nu-şi poate povesti autobiografia; oricât de elocvent ar lătra, el nu-ți poate spune că părinții săi au fost cinstiți, dar săraci.“[10] Limbajul uman e complet diferit. Limbajul uman e deschis. În loc să folosim fraze fixe şi limitate, combinăm şi recombinăm un ansamblu finit de foneme pentru a produce succesiuni complexe, ierarhice şi practic nelimitate de sunete care transmit un spectru practic nelimitat de idei.

Putem vorbi despre şarpele de ieri sau despre cuibul de mâine la fel de uşor cum putem descrie un vis încântător despre inorogi zburători sau neliniştea noastră tot mai profundă pe măsură ce noaptea se revarsă peste orizont.

Dacă sondăm şi mai adânc, ne lovim de controverse. Cum se face că la numai câțiva ani după naştere, fără vreo instruire sistematică, devenim fluenți în una sau chiar mai multe limbi? Sunt creierele noastre anume configurate pentru a dobândi limbajul, sau imersiunea culturală împreună cu înclinația noastră generală de a învăța lucruri noi oferă o explicație adecvată? Limbajul uman a început ca nişte ansambluri de vocalizări cu semnificații fixe, precum strigătele de alarmă ale maimuțelor cercopitec, care apoi s-au scindat în cuvinte, sau a început ca sunete elementare care s-au transformat în cuvinte şi fraze? De ce avem limbaj? Evoluția a selectat în mod direct limbajul fiindcă oferea un avantaj pentru supraviețuire, sau limbajul e un produs secundar al evoluției altor caracteristici, precum o dimensiune mai mare a creierului? Şi de-a lungul atâtor mii de ani, despre ce am vorbit oare? Şi de ce?

Pentru Noam Chomsky, unul dintre cei mai influenți lingvişti moderni, capacitatea umană de a dobândi limbajul se bazează pe faptul că fiecare dintre noi posedă o gramatică universală imprimată – un concept cu o bogată filiație istorică începând cu filozoful din secolul XIII Roger Bacon, care a conchis că multe dintre limbile lumii au o bază structurală comună. În uzul modern, termenul a fost subiectul unor diverse interpretări, iar de-a lungul anilor Chomsky i-a rafinat şi el semnificația. În forma sa cea mai puțin controversată, gramatica universală propune ideea că în alcătuirea noastră

neurobiologică înnăscută există ceva care ne predispune la limbaj, o perfecționare a creierului extinsă la întreaga specie, care ne îndeamnă pe toți să ascultăm, să înțelegem şi să vorbim. Cum altfel, continuă raționamentul, ar putea copiii, supuşi asaltului lingvistic aleatoriu, fragmentat şi nonconformist al vieții de zi cu zi, să asimileze o bogăție de constructe şi reguli gramaticale precise decât posedând un formidabil arsenal mental gata oricând să proceseze atacul verbal? Şi, fiindcă orice copil poate învăța orice limbă, arsenalul mental nu poate fi specific fiecărei limbi; mintea trebuie să poată pricepe un nucleu universal comun tuturor limbilor. Chomsky a propus că un eveniment neurobiologic singular, o „uşoară reconfigurare a creierului“ petrecută poate în urmă cu optzeci de mii de ani, le-a permis strămoşilor noştri să dobândească această capacitate, declanşând un big bang cognitiv, care a răspândit limbajul în întreaga specie.[11]

Psihologii cognitivişti Steven Pinker şi Paul Bloom, pionieri ai unei abordări darwiniste a limbajului, sugerează o poveste mai puțin prefabricată în care limbajul a apărut şi s-a dezvoltat după tiparul familiar al acumulării treptate a unor schimbări mărunte, care au conferit fiecare un anumit avantaj pentru supraviețuire.[12] În timp ce strămoşii noştri vânători-culegători cutreierau câmpiile şi pădurile, capacitatea de a comunica – „Grup de mistreți care pasc, înainte şi un pic la stânga“, sau „Atenție la Barney, a pus ochii pe Wilma“, sau „Iată o metodă mai bună de a ataşa o piatră ascuțită de un mâner“ – s-a dovedit vitală pentru funcționarea eficientă a grupului şi esențială pentru împărtăşirea cunoştințelor acumulate. Creierele capabile să comunice cu alte creiere au avut aşadar un avantaj în arena luptei pentru

supraviețuire şi reproducere, favorizând rafinarea şi răspândirea pe scară largă a capacităților lingvistice. Alți cercetători identifică o serie de adaptări, între care controlul asupra respirației, memorizarea, gândirea simbolică, conştientizarea existenței altor minți, formarea de grupuri etc., care au putut conlucra pentru a produce limbajul, chiar dacă limbajul în sine a avut prea puțin de-a face cu valoarea de supraviețuire a acelor adaptări.[13]

Nu ştim nici de cât timp vorbim. Mărturiile lingvistice din trecutul îndepărtat sunt practic inexistente, dar, prin examinarea unor substitute arheologice plauzibile, cercetătorii au propus intervale de timp pentru apariția limbajului. Artefacte precum unelte cu mâner (pietre sau oase cioplite bine fixate de o coadă), arta rupestră, încrustații geometrice şi podoabe cu mărgele dovedesc că strămoşii noştri din urmă cu cel puțin o sută de mii de ani s-au angajat în planificare, gândire simbolică şi interacțiuni sociale complexe. Întrucât tindem să asociem asemenea capacități cognitive sofisticate cu limbajul, ne putem imagina că, în timp ce-şi ascuțeau sulițele şi topoarele sau se târau prin peşterile întunecoase pentru a picta păsări şi bizoni, strămoşii noştri sporovăiau despre vânătoarea de a doua zi sau despre focul de tabără din noaptea trecută.

Dovezi mai directe pentru capacitatea de a vorbi sunt spicuite dintr-un alt set de descoperiri arheologice. Oamenii de ştiință care urmăresc dezvoltarea cavităților craniene şi schimbările structurale ale gurii şi gâtului conchid că, dacă strămoşii noştri voiau să converseze, ei aveau capacitatea fiziologică s-o facă încă din urmă cu mai bine de un milion de ani. Biologia moleculară oferă de asemenea indicii. Vorbirea umană presupune un

grad înalt de dexteritate vocală şi orală, iar în 2001 cercetătorii au identificat ceea ce ar putea fi o bază genetică esențială pentru asemenea capacități. Studiind o familie britanică cu un defect de vorbire extins asupra a trei generații – dificultăți cu gramatica şi cu coordonarea mişcărilor complexe ale gurii, feței şi gâtului necesare pentru vorbirea normală –, cercetătorii şi-au îndreptat atenția asupra unei erori genetice, modificarea unei singure litere într-o genă numită *FOXP2*, aflată pe cromozomul uman cu numărul 7.[14] Această greşeală de copiere în instrucțiuni e împărtăşită de membrii familiei afectate, aşa încât a fost puternic implicată în dereglarea atât a limbajului, cât şi a vorbirii. Primele relatări de presă ale descoperirii au numit *FOXP2* „gena gramaticii“ sau „gena limbajului“, descrieri de senzație care i-au iritat pe cercetătorii avizați, dar lăsând deoparte hiperbola suprasimplificată, gena *FOXP2* pare să fie o componentă esențială pentru vorbirea şi limbajul normale.

Variante apropiate ale genei *FOXP2* au fost identificate la multe specii, de la cimpanzei la păsări şi peşti, permițându-le cercetătorilor să urmărească felul cum s-a modificat gena de-a lungul istoriei evolutive. În cazul cimpanzeilor, proteina codificată de gena lor *FOXP2* diferă de a noastră prin numai doi aminoacizi (din cei peste şapte sute), pe când cea a neanderthalienilor e identică cu a noastră.[15] Vorbeau oare verii noştri neanderthalieni? Nimeni nu ştie. Această direcție de cercetare sugerează că baza genetică pentru vorbire şi limbaj a fost stabilită cândva după ce ne-am separat de cimpanzei, în urmă cu câteva milioane de ani, dar înainte să ne fi desprins de neanderthalieni, în urmă cu vreo şase sute de mii de ani.[16]

Legăturile propuse între limbaj şi fiecare dintre

reperele istorice – vechi artefacte, structuri fiziologice, profile genetice – sunt ingenioase, dar speculative. În consecință, studiile bazate pe aceste repere oferă un interval larg pentru data apariției primelor cuvinte din lume, de la zeci de mii la câteva milioane de ani în urmă. Cum au observat de asemenea cercetătorii sceptici, una e să dispui de capacitatea fizică şi agilitatea mentală pentru a te angaja în conversație, şi cu totul altceva să te angajezi efectiv.

Prin urmare, ce ne-a putut motiva să vorbim?

De ce am început să vorbim

Nu lipsesc ideile privind motivul pentru care primii noştri strămoşi au rupt tăcerea. Lingvistul Guy Deutscher observă că cercetătorii au propus că primele cuvinte au apărut „din strigăte şi chemări; din gesturi ale mâinii şi limbajul semnelor; din capacitatea de a imita; din capacitatea de a induce în eroare; din îngrijirea corpului; din cântec, dans şi ritm; din mestecat, supt şi lins; şi din aproape oricare altă activitate imaginabilă“[17], o listă încântătoare care probabil că reflectă mai mult teoretizarea creativă decât antecedentele istorice ale limbajului. Totuşi, una sau posibil o combinație a acestora poate spune o poveste relevantă, de aceea să examinăm câteva dintre sugestiile despre originea primelor cuvinte şi de ce au avut ele succes.

În vremuri de demult, anterior inovației de a purta copiii în bandulieră, o mamă obligată să-şi folosească ambele mâini trebuia să pună copilul jos. Cei care țipau şi gângureau atrăgeau atenția mamei, care le răspundea pesemne tot vocal – un uguit, un zumzet, un mârâit, susținute de expresii faciale liniştitoare, gesturi ale mâinii şi atingeri blânde.

Gânguritul copilului şi răspunsul afectuos al mamei vor fi avut ca rezultat rate mai mari de supraviețuire infantilă, selectând vocalizarea şi, potrivit acestei propuneri, plasându-i pe strămoşii noştri pe traiectoria cuvintelor şi a limbajului.[18]

Sau, dacă jargonul matern nu vă convinge, observați că gesturile oferă un mijloc direct pentru comunicarea unor informații sumare, dar vitale – a face semn cu capul către acest obiect sau a arăta cu degetul în acea direcție. Unele primate, verii noştri nonumani, deşi nu posedă un limbaj vorbit, se pricep să comunice idei rudimentare prin gesturi ale mâinii şi ale corpului. Iar în condiții de cercetare controlate, cimpanzeii au învățat sute de semne ale mâinii reprezentând diverse acțiuni, obiecte şi idei. E posibil aşadar ca limbajul nostru vorbit să fi evoluat dintr-o fază anterioară de comunicare bazată pe gesturi. Pe măsură ce mâinile noastre au devenit tot mai ocupate cu fabricarea şi folosirea uneltelor, iar întrunirile tot mai complexe făceau ca gesturile să fie ineficiente sau greoaie – dificultatea de a vedea noaptea; dificultatea de a vedea mâinile şi corpurile tuturor membrilor grupului de vânători sau culegători –, vocalizarea a putut oferi mijloace mai eficiente pentru comunicarea informației. Întrucât mă număr printre cei ale căror mâini intră în acțiune de fiecare dată când încep să vorbesc, iar uneori chiar înainte, explicația asta mi se pare foarte plauzibilă.

Dacă nici limbajul gesturilor nu vă convinge, să examinăm propunerea psihologului evoluționist Robin Dunbar, potrivit căreia limbajul a apărut ca substitut eficient pentru activitatea larg răspândită a îngrijirii reciproce.[19] Dacă am fi cimpanzei, ne-am face prieteni şi am stabili alianțe culegând cu grijă lindina, pielea descuamată şi alte resturi din blana

altor membri ai comunității noastre. Unii din grup ne vor întoarce favoarea, pe când cei cu statut social mai înalt vor lua notă de serviciul nostru, dar ne vor lăsa lindina neatinsă. Ritualul de îngrijire e o activitate organizatorică ce favorizează şi menține ierarhia, clicile şi coalițiile grupului. Primii oameni s-au angajat poate în servicii sociale similare, dar, odată cu creşterea mărimii grupului, întreținerea unor asemenea relații individuale ar fi presupus o investiție de timp împovărătoare. Prieteniile, cuplurile şi alianțele sunt vitale, dar la fel este şi asigurarea unei cantități suficiente de hrană. Ce-i de făcut? Ei bine, spune Dunbar, dilema aceasta a putut duce la apariția limbajului. La un moment dat, strămoşii noştri au înlocuit îngrijirea manuală cu schimbul verbal, care le-a permis să comunice rapid informații – cine cui ce îi face, cine a fost incorect, cine s-a angajat în intrigi subversive etc. – şi să renunțe la ore lungi de cules lindină în favoarea câtorva minute de bârfă. Studii recente au arătat că în prezent nu mai puțin de 60% dintre conversațiile noastre sunt consacrate şuetei, un procent uluitor (mai ales pentru cei care n-au reuşit să stăpânească arta taifasului) despre care unii cercetători susțin că reflectă principalul scop al limbajului la începuturile sale.[20]

Lingvistul Daniel Dor dezvoltă şi mai mult rolul social al limbajului. Într-o analiză amplă şi persuasivă, el propune ideea că limbajul e un instrument construit în comun, având o funcție specifică deosebit de importantă: să le confere indivizilor puterea de a-şi călăuzi unii altora imaginația.[21] Înainte de apariția limbajului, schimburile sociale au fost dominate de experiențele comune. Dacă amândoi am văzut, am auzit sau am gustat ceva, ne putem referi la acel ceva prin gesturi,

sunete sau desene. Ar fi fost însă dificil să comunicăm despre experienţe pe care nu le-am împărtăşit, ca să nu mai menţionăm provocarea de a exprima gânduri abstracte şi senzaţii lăuntrice. Limbajul ne-a permis să depăşim aceste dificultăţi. Cu ajutorul limbajului, piaţa schimburilor noastre sociale s-a extins enorm: poţi folosi limbajul pentru a descrie experienţe pe care eu poate că nu le-am avut niciodată; prin cuvinte, poţi evoca acele experienţe în mintea mea. Eu pot face acelaşi lucru pentru tine. Cu trecerea mileniilor, pe măsură ce bunăstarea strămoşilor noştri prelingvistici a devenit tot mai dependentă de acţiunile comune coordonate – cooperarea pentru a vâna animale mari, întreţinerea unor focuri controlate, gătitul hranei pentru grupuri mari, îngrijirea şi instruirea în comun a tinerilor[22] –, ei au depăşit limitele schimbului nonverbal, au adus limbajul în lume şi au stabilit o arenă socială considerabil mai mare, cuprinzând nu doar experienţele comune, ci şi gândurile comune.

Acestea şi aproape toate celelalte propuneri referitoare la originea limbajului pun accent pe cuvântul rostit, manifestarea exterioară a limbajului. În stilul său caracteristic, Chomsky face o întoarcere de o sută optzeci de grade, propunând ideea că, în prima sa încarnare, limbajul a putut înlesni gândirea interioară.[23] Procesarea, planificarea, predicţia, evaluarea, raţionamentul şi înţelegerea sunt doar câteva din sarcinile esenţiale pe care vocea interioară dintre urechile strămoşilor noştri le-a putut îndeplini odată ce gândirea a fost capabilă să facă uz de limbaj. Limbajul ar fi fost aşadar o evoluţie ulterioară, la fel ca adăugarea difuzoarelor la primele modele de calculatoare personale. Ca şi cum, mult înainte de a vorbi, strămoşii noştri erau genul profund şi tăcut, deliberând asiduu asupra

sarcinilor lor de zi cu zi şi păstrându-şi reflecţiile pentru ei. Perspectiva lui Chomsky e discutabilă. Cercetătorii au semnalat caracteristici intrinseci ale limbajului ce par destinate să transpună conceptele interne în cuvinte vorbite (îndeosebi fonologia şi o mare parte a structurii gramaticale), sugerând că limbajul a servit de la bun început pentru comunicarea externă.

Deşi originile limbajului rămân enigmatice, este indiscutabil, şi de maximă relevanță pentru cele ce urmează, faptul că limbajul şi gândirea oferă un amestec cu imens potențial. Indiferent dacă o versiune internă a limbajului a precedat sau nu vocalizarea sa externă, şi indiferent dacă acea vocalizare a fost stimulată sau nu de cântec, de îngrijirea copilului, gesticulație, bârfă, discursul comunitar, posedarea unui creier mare sau de ceva cu totul diferit, odată ce mintea umană a dispus de limbaj, raportul speciei noastre cu realitatea s-a aflat în pragul unei schimbări radicale.

Acea schimbare va fi adusă de unul din cele mai larg răspândite şi influente comportamente umane: povestitul.

Narațiune şi intuiție

George Smith se grăbea. Degetele mâinii sale drepte băteau uşor, dar persistent darabana pe marginea de abanos încrustată în masa lungă de mahon. Tocmai aflase că Robert Ready, specialistul muzeului în restaurarea pietrei, va lipsi câteva zile. *Câteva zile*. Cum va putea să aştepte? Timp de trei ani îşi aruncase vestonul pe umeri, înşfăcase sendvişul cu marmeladă şi brânză Stilton pregătit cu grijă şi, evitând trecătorii şi trăsurile, gonise spre British Museum, unde-şi petrecea ultimele minute ale

pauzei de prânz examinând cu atenție fragmentele unor tăblițe de lut întărit recuperate în urma săpăturilor arheologice de la Ninive. Familia lui era săracă. Părăsise şcoala la paisprezece ani pentru a deveni ucenic gravor. Perspectivele lui păreau limitate. Dar George era un geniu. Învățase singur limba asiriană şi devenise expert în citirea scrierii cuneiforme. Custozii muzeului, care-l îndrăgiseră pe ciudatul puşti ce se învârtea pe acolo la amiază, şi-au dat curând seama că era mai priceput în descifrarea inscripțiilor cuneiforme decât oricare dintre ei, aşa încât l-au primit pe George în grupul lor ca angajat cu normă întreagă. Acum, după numai câțiva ani, George selectase miile de fragmente de lut pentru a asambla prima tăbliță completă şi o descifrase deja în mare parte. Descoperise, sau credea că descoperise, un secret magnific relatat de seria de incizii şi pene triunghiulare – referirea la un mit al potopului mai vechi decât povestea lui Noe din Vechiul Testament –, dar avea nevoie de Robert Ready ca să înlăture cu delicatețe crusta ce acoperea o porțiune esențială a textului. George simțea gustul victoriei. Îl treceau fiorii imaginându-şi că descoperirea îl va înălța la o viață nouă. Nu mai putea să aştepte. George s-a hotărât să rişte să curețe el însuşi tăblița.

Mă rog, divaghez. Adevăratul George Smith a aşteptat. Peste câteva zile, Robert Ready s-a întors şi s-a pus pe treabă, iar astfel a fost dezvăluită cea mai veche poveste consemnată a speciei noastre, *Epopeea lui Ghilgameş*, compusă în Mesopotamia în mileniul III î.Cr. Relatarea mea liberă face ceea ce povestitorii – noi, oamenii – fac de mult: reconstruieşte realitatea (ce se ştie despre George Smith cel din istorie[24]), uneori cu moderație (precum aici), uneori în mod agresiv, uneori căutând efectul

dramatic, uneori pentru posteritate, uneori doar din plăcerea de a depăna o poveste bună. Motivația artistică a celor care au scris *Epopeea lui Ghilgameş*, o poveste modelată probabil de multe voci de-a lungul multor generații, e necunoscută. Dar în povestea aceasta plină de bătălii şi vise, aroganță şi invidie, corupție şi inocență, personajele şi preocupările lor ne vorbesc limpede peste milenii.

Iar asta e cu adevărat surprinzător. În cei poate cinci mii de ani care au trecut de la crearea *Epopeii lui Ghilgameş*, istoria a asistat la nenumărate transformări ale modului în care mâncăm şi ne adăpostim, trăim şi comunicăm, ne lecuim şi procreăm, iar cu toate acestea ne recunoaştem imediat în desfăşurarea narațiunii. Ghilgameş şi tovarăşul său de arme Enkidu au pornit într-o căutare ce le va pune la încercare curajul, moralitatea, iar în cele din urmă sentimentul legat de cine sunt ei cu adevărat – o versiune neolitică a filmului *Thelma şi Louise*.[13] Spre finalul călătoriei, aplecat asupra trupului neînsuflețit al lui Enkidu, Ghilgameş se lamentează în termeni sfâşietori, dar cât se poate de familiari: „Ca unei mirese, acoperi fața prietenului său; şi ca un vultur, se aruncă asupra lui, ca o leoaică îndurerată căreia i s-au răpit puii, se suceşte şi se-nvârteşte, înaintea şi în urma lui. Îşi smulge şi-şi împrăştie părul cârlionțat, îşi despoaie şi-şi aruncă frumoasele-i veşminte de care acum îi e silă.“[25] La fel ca mulți alții, am trecut şi eu prin asta. Cu decenii în urmă, alergând dintr-o cameră într-alta a micului meu apartament dintr-un bloc fără lift, neştiind încotro să mă îndrept, încercam cu furie să scap de vestea că tatăl meu murise subit. Chiar la o distanță de o sută dacă nu o mie de generații, avem multe în comun cu strămoşii noştri.

Şi nu numai că noi, oamenii, ne întristăm şi jelim,

ne emoționăm şi ne bucurăm, explorăm şi ne mirăm în mod consecvent, dar împărtăşim totodată nevoia de a exprima toate acestea şi a le procesa prin poveşti. Poate că *Ghilgameş* e cea mai veche poveste care s-a păstrat, dar, dacă specia noastră scria poveşti în urmă cu cinci mii de ani, atunci cu siguranță spuneam poveşti cu mult înainte. Este ceea ce facem acum. Şi ceea ce facem de mult timp. Întrebarea este de ce? De ce în loc să vânăm mai mulți bizoni şi mistreți sau să adunăm mai multe rădăcini şi fructe, ne ocupăm timpul imaginând escapade cu zei capricioşi sau călătorii în lumi fantastice?

Fiindcă ne plac poveştile, ați putea răspunde. Da, desigur. Altfel de ce am şterge-o la cinema, deşi raportul acela trebuie predat mâine? Altfel de ce am simți o plăcere vinovată să lăsăm deoparte „munca adevărată“ pentru a continua să citim acel roman sau să urmărim acel serial? Însă acesta e doar începutul unei explicații, nu finalul. De ce mâncăm înghețată? Fiindcă ne place înghețata? Da, desigur. Dar, aşa cum au dovedit în mod convingător psihologii evoluționişti, analiza poate merge mai în profunzime.[26]

Aceia dintre strămoşii noştri cărora le plăcea să înfulece surse bogate de energie, precum fructe cărnoase şi nuci coapte, rezistau mai bine perioadelor de lipsuri, producând astfel mai mulți urmaşi şi propagând o predilecție genetică pentru dulciuri şi grăsimi. În prezent, pofta pentru o înghețată cu fistic Häagen-Dazs, care nu mai e elogiată ca un promotor al sănătății, este o relicvă modernă a goanei vitale după calorii de odinioară. Este selecția darwinistă manifestată la nivelul tendinței comportamentale. Nu-i vorba că genele ar determina comportamentul. Acțiunile noastre sunt

rezultatul unui amalgam complex de influențe biologice, istorice, sociale, culturale şi tot soiul de alte înrâuriri întâmplătoare care sunt imprimate în configurația particulelor noastre. Dar gusturile şi instinctele noastre sunt o parte esențială a acelui amestec, iar în slujba unor mai bune şanse de supraviețuire evoluția a jucat un rol important în modelarea lor. Putem învăța trucuri noi, dar din punct de vedere genetic, şi prin urmare instinctiv, suntem câini bătrâni.

Întrebarea, aşadar, este dacă evoluția darwinistă poate lămuri nu doar gusturile noastre culinare, dar şi pe cele literare. De ce strămoşii noştri au fost tentați să cheltuiască resurse prețioase de timp, energie şi atenție pentru a spune poveşti care, la prima vedere, nu par să ne amelioreze perspectivele de supraviețuire? Deosebit de enigmatice sunt poveştile fictive. Ce utilitate evolutivă ar putea să rezulte din urmărirea isprăvilor unor personaje imaginare confruntate cu provocări fanteziste în lumi inexistente? Cu mersul ei aleatoriu implacabil prin peisajul adaptării, evoluția e eficientă în evitarea predispozițiilor comportamentale extravagante. O mutație genetică ce ne îndepărtează de instinctul povestitului, eliberând timp pentru ascuțirea câtorva sulițe în plus sau pentru a găsi câteva carcase de bizoni în plus, s-ar părea că oferă un avantaj pentru supraviețuire care, cu timpul, se va dovedi câştigător. Dar nu s-a întâmplat aşa. Sau, din cine ştie ce motiv, este o ocazie pe care evoluția a ratat-o.

Cercetătorii au încercat să înțeleagă de ce, dar indiciile sunt rare. Există foarte puține dovezi pentru a argumenta răspândirea sau utilitatea povestitului la strămoşii noştri din urmă cu mii de generații. Aceasta pune în evidență o dificultate generală a

cercetărilor care caută o bază evolutivă a comportamentului, şi pe care o vom întâlni sub diverse forme în capitolele următoare. Din punctul de vedere al selecției naturale, ceea ce contează e impactul pe care l-a putut avea cutare sau cutare comportament asupra perspectivelor de supraviețuire şi reproducere ale strămoşilor noştri pe durata celei mai mari părți a istoriei lor. O explicație demnă de încredere necesită aşadar o mai bună înțelegere a mentalității ancestrale în relația sa cu mediul ancestral. Dar istoria consemnată oferă informații doar asupra ultimului sfert de procent din cei aproximativ două milioane de ani cât au trecut de la primele migrații umane care au părăsit Africa. Cercetătorii au elaborat metode indirecte de sondare a trecutului, incluzând examinarea detaliată a vechilor artefacte, extrapolări pe baza analizelor etnografice ale grupurilor de vânători-culegători care mai există în prezent şi studii ale arhitecturii creierului în căutarea ecourilor cognitive ale unor vechi dificultăți de adaptare. Mozaicul de indicii restrânge teoretizarea, dar permite în continuare o diversitate de perspective.

Potrivit uneia dintre aceste perspective, a încerca să atribui povestitului un rol de adaptare înseamnă să cauți o mai mare eficiență biologică într-un loc greşit. S-ar putea ca o anumită predispoziție comportamentală să fie produsul secundar al altor procese evolutive – procese care au favorizat supraviețuirea, şi ca atare au evoluat în modul obişnuit prin selecție naturală. Directiva generală, evidențiată sugestiv într-un faimos articol al lui Stephen Jay Gould şi Richard Lewontin, este că nu poți să alegi din evoluție doar ce-ți place.[27] Uneori evoluția oferă numai pachete de tranzacții. Creierele alb-cenuşii mari, de tip uman, ticsite cu neuroni

dens conectați, sunt într-adevăr utile pentru supraviețuire, dar poate că există ceva intrinsec în structura lor care face să le placă poveştile. Să considerăm, de exemplu, că succesul nostru ca ființe sociale se bazează în parte pe a fi bine informat – cine-i sus, cine-i jos, cine-i puternic, cine-i vulnerabil, cine-i vrednic de încredere. Dată fiind utilitatea adaptivă a unor asemenea informații, tindem să le acordăm atenție atunci când sunt disponibile. Iar dacă suntem în posesia lor, nu este ceva neobişnuit să le împărtăşim în schimbul lustruirii statutului nostru social. Întrucât ficțiunea debordează de asemenea informații, mințile noastre modelate pentru adaptare devin atente, ascultă şi repetă, chiar dacă narațiunea e fantezistă. Selecția naturală le va zâmbi aşadar creierelor pe măsură ce ele devin mai apte pentru viața socială, ascultând în acelaşi timp plictisită povestitul lor obsesiv.

Convinşi? Multora – iar eu fac parte din acest grup – nu li se pare plauzibil ca, dată fiind capacitatea lui de inovare, creierul să fi devenit prizonierul unui comportament generalizat, absolut central, şi cu toate acestea irelevant pentru adaptare. Poate că aspecte ale experienței povestitului au făcut parte dintr-un pachet de tranzacții evolutiv, dar dacă a spune poveşti, a le asculta şi a le spune din nou ar fi doar o pălăvrăgeală marginală, putem presupune că evoluția ar fi găsit o cale să elimine acest năravextravagant. Şi atunci, cum şi-a obținut povestitul valoarea de adaptare care i-a asigurat supraviețuirea?

În căutarea unui răspuns, trebuie să fim atenți la regulile jocului. Pentru multe comportamente e foarte uşor să născocim post factum roluri de adaptare. Şi fiindcă nu putem testa asemenea sugestii repetând procesul evolutiv, există pericolul

să rămânem cu un ansamblu de explicații „la comandă“. Propunerile cele mai convingătoare sunt cele care pornesc de la o dificultate de adaptare – care dacă e depăşită are ca rezultat un mai mare succes în reproducere – şi susțin că un anumit comportament (sau suită de comportamente) este bine conceput în mod intrinsec pentru a înfrunta acea dificultate. Explicația darwinistă a faptului că ne plac dulciurile e exemplară. Oamenii au nevoie de un număr minim de calorii pentru a supraviețui şi a se reproduce. Confruntați cu posibilitatea unei penurii devastatoare de calorii, preferința pentru alimentele bogate în zaharuri are o valoare de adaptare evidentă. Dacă ar fi să proiectăm mintea omenească, conştienți de necesitățile fiziologice şi de natura mediului ancestral, e lesne de imaginat că am proiecta creierul omenesc aşa încât să încurajeze corpul să mănânce fructe ori de câte ori sunt disponibile. Prin urmare, nu-i deloc surprinzător că selecția naturală a ajuns la această strategie. Problema este dacă există considerente de adaptare analoage care să ne determine să programăm mintea umană pentru a crea, a spune şi a asculta poveşti.

Există. Povestitul poate fi modalitatea minții de a se pregăti pentru lumea reală, o versiune cerebrală a activităților ludice atestate la numeroase specii, care oferă mijloace sigure pentru practicarea şi rafinarea unor aptitudini esențiale. Psiholog influent şi expert în tot ceea ce priveşte mintea, Steven Pinker descrie o versiune foarte stilizată a acestei idei: „Viața e ca un joc de şah, iar scenariile sunt precum acele cărți scrise de şahişti celebri pe care jucătorii serioşi le studiază pentru a fi pregătiți în caz că se vor afla ei înşişi în situații dificile similare.“[28] Pinker îşi imaginează că prin intermediul poveştilor fiecare dintre noi construim un „catalog mental“ al

reacțiilor strategice la posibilele surprize ale vieții, pe care apoi îl putem consulta la nevoie. De la contracararea membrilor fățarnici ai tribului la curtarea potențialelor perechi, organizarea vânătorilor colective, evitarea plantelor otrăvitoare, instruirea tinerilor, repartizarea hranei neîndestulătoare etc., strămoşii noştri s-au confruntat cu un obstacol după altul în vreme ce genele lor încercau să-şi asigure prezența în generațiile ulterioare. Imersiunea în poveşti fictive despre o gamă largă de provocări similare va fi avut capacitatea de a rafina strategiile şi reacțiile strămoşilor noştri. Codificarea creierului pentru a se implica în ficțiune ar fi deci o cale ingenioasă de a conferi minții într-un mod ieftin, sigur şi eficient o bază mai amplă de experiențe în vederea acțiunii.

Unii specialişti în literatură au fost reticenți, observând că, în general, strategiile urmate de personaje fictive confruntate cu provocări imaginare nu pot fi transpuse în viața reală, sau în orice caz nu e recomandabil.[29] „Ai putea sfârşi alergând de colo-colo precum comicul dement Don Quijote, sau tragic iluzionata Emma Bovary – care amândoi o iau razna, fiindcă confundă fantezia literară cu realitatea“ este modul glumeț în care Jonathan Gottschall rezumă această critică.[30] Pinker, fireşte, nu sugera să copiem acțiunile întâlnite în poveşti, ci să învățăm din ele – o abordare, după cum observă Gottschall, care poate că e transmisă mai corect dacă în metaforă se operează o schimbare modestă, precum cea introdusă de psihologul şi romancierul Keith Oatley:[31] În locul unui fişier mental, să ne gândim la un simulator de zbor. Poveştile oferă tărâmuri inventate în care urmărim pas cu pas personaje ale căror experiențe le depăşesc cu mult pe ale noastre. Prin ochi împrumutați, protejați de

sticla incasabilă a poveştii, observăm îndeaproape o multitudine de lumi exotice. Iar prin intermediul acestor episoade simulate, intuiția noastră se extinde şi se rafinează, devine mai ageră şi mai flexibilă. Confruntați cu nefamiliarul, nu inițiem investigații cognitive în căutarea unui Dear Abby[14] al minții. În schimb, prin poveste interiorizăm un simț mai nuanțat legat de cum şi de ce să reacționăm, iar acea cunoaştere intrinsecă ne călăuzeşte comportamentul în viitor. Cultivarea unui simț înnăscut al pasiunii eroice nu înseamnă nicidecum a te lupta cu morile de vânt – iar asta am reținut eu, la fel ca mulți alții, când am întors ultima pagină a aventurilor lui Alonso Quijano.

Având simulatorul de zbor ca metaforă pentru utilitatea adaptivă a poveştilor, cum vom programa simulatorul însuşi? Ce fel de poveşti îl vom pune să deruleze? Putem prelua răspunsul de pe prima pagină a unui curs introductiv de scriere creativă. O axiomă a povestitului e necesitatea unui conflict. Necesitatea unor dificultăți. Necesitatea unor încurcături. Suntem atraşi de personaje ale căror scopuri presupun înlăturarea unor obstacole perfide, exterioare şi interioare. Călătoriile lor, la propriu şi la figurat, ne țin cu sufletul la gură sau ne fac să întoarcem febril paginile. E limpede că poveştile cele mai captivante implică abordări surprinzătoare, distractive sau chiar înspăimântătoare ale personajelor, intrigii şi tehnicii narative înseşi, dar, dacă eliminați conflictul, pentru mulți povestea îşi pierde interesul. Nu-i o coincidență că acelaşi lucru e valabil pentru utilitatea darwinistă a conținutului derulat pe simulatorul de zbor narativ. Fără conflict, fără dificultăți, fără încurcături, valoarea de adaptare a poveştii dispare şi ea. Un Josef K.[15] fericit să mărturisească o crimă de care nu se face vinovat şi

să ispăşească supus o pedeapsă nejustificată ar fi o lectură rapidă. Iar în absența altor ajustări narative, una cu prea puțin impact. La fel o Dorothy care-şi scoate bucuroasă papucii rubinii, părăseşte drumul pavat cu cărămizi galbene şi se integrează în Munchkinland. Cerul senin, motoarele care funcționează perfect şi pasagerii model nu sunt simulările care să amelioreze reflexele piloților. Utilitatea repetițiilor pentru lumea reală constă în confruntarea cu situații la care trebuie să reacționăm pe nepregătite.

Este o perspectivă asupra poveştilor care poate de asemenea lămuri de ce cu toții petrecem zilnic câteva ore născocind poveşti pe care rareori ni le amintim, şi încă şi mai rar le împărtăşim. Prin zi înțeleg aici noapte, iar poveştile sunt cele produse în somnul REM. La peste un secol de când a apărut *Interpretarea viselor* a lui Freud, încă nu cădem de acord asupra motivului pentru care visăm. Am citit cartea lui Freud pentru un curs din primul an de liceu numit Igienă (da, chiar aşa se numea), un obiect oarecum bizar predat de profesorii de gimnastică şi antrenorii sportivi, care se concentra pe primul ajutor şi standardele comune de curățenie. În absența unor materiale care să umple un întreg semestru, orele erau completate cu expuneri obligatorii ale elevilor pe teme considerate vag relevante. Eu am ales somnul şi visele, şi probabil că am luat lucrurile prea în serios, citindu-l pe Freud şi petrecând multe ore după program studiind literatura ştiințifică. Momentul de revelație pentru mine, şi pentru întreaga clasă, a fost lucrarea lui Michel Jouvet, care la finele anilor 1950 a explorat lumea onirică a pisicilor.[32] Deteriorând o parte din creierul pisicii (*locus coeruleus*, dacă vă plac lucrurile acestea), Jouvet a extirpat un bloc neural

care în mod obişnuit împiedică gândurile din vis să stimuleze acțiunea corpului, cu rezultatul că pisicile adormite se ghemuiau, se arcuiau, sâsâiau şi zgâriau, reacționând pesemne la prădători şi prăzi imaginare. Dacă nu ştiai că animalele dorm, puteai crede că practicau un fel de kata[16] pentru feline. Mai recent, studii pe şobolani folosind sonde neurologice mai rafinate au arătat că tiparele lor cerebrale în timpul visului seamănă atât de mult cu cele înregistrate atunci când sunt treji şi învață un nou labirint, încât cercetătorii pot urmări evoluția minții şobolanului care visează şi reconstituie paşii făcuți înainte.[33] Atunci când pisicile şi şobolanii visează, se pare că repetă comportamente relevante pentru supraviețuire.

Strămoşul nostru comun cu pisicile şi rozătoarele a trăit în urmă cu vreo şaptezeci sau optzeci de milioane de ani, aşa încât extrapolarea unei concluzii speculative la specii separate de zeci de mii de milenii e însoțită de mari semne de avertizare. Ne putem însă imagina că mințile noastre îmbibate de limbaj pot produce vise într-un scop similar: pentru a oferi antrenamente cognitive şi emoționale care sporesc cunoaşterea şi exersează intuiția – şedințe nocturne pe simulatorul de zbor al poveştilor. Poate că de aceea pe durata tipică a unei vieți fiecare dintre noi petrecem nu mai puțin de şapte ani cu ochii închişi, corpul aproape paralizat, consumând poveşti create de noi înşine.[34]

În mod intrinsec însă, povestitul nu e un agent solitar. Povestitul e mijlocul nostru cel mai puternic de a locui în alte minți. Iar ca specie profund socială, capacitatea de a ne muta temporar în mintea altcuiva a fost poate esențială pentru supraviețuirea şi dominația noastră. Asta oferă o explicație conceptuală înrudită pentru codificarea povestitului

în repertoriul comportamental uman – adică pentru identificarea utilității adaptive a instinctului nostru de a spune poveşti.

Povestitul şi minţile altora

Discursul profesional al fizicienilor implică în general un jargon specializat, presărat cu confetti de ecuații. Nu tocmai genul de material care să stârnească interesul celor adunați în jurul unui foc de tabără. Dar, dacă ştii să citeşti ecuațiile şi să interpretezi jargonul, poveştile pe care le spun pot fi emoționante. În noiembrie 1915, când un Albert Einstein epuizat, pe punctul de a-şi finaliza teoria generală a relativității, a folosit ecuațiile pentru a explica enigma persistentă a uşoarei devieri a orbitei lui Mercur de la predicțiile newtoniene, el a fost atât de emoționat, încât a simțit palpitații ale inimii. Navigase timp de aproape un deceniu prin apele înşelătoare ale matematicii complexe, iar rezultatul calculelor a fost echivalent cu prima vedere a pământului. Parafrazând aprecierea ulterioară a lui Alfred North Whitehead, aceasta a însemnat că expediția îndrăzneață a lui Einstein ajunsese cu bine pe țărmurile cunoaşterii.[35]

Eu n-am făcut niciodată a descoperire atât de importantă. Puțini au făcut. Dar chiar şi descoperiri mai prozaice pot face inima să bată mai repede de emoție. În asemenea momente ai sentimentul unei conexiuni profunde cu cosmosul. Aceasta e adevărata semnificație a poveştilor ascunse în matematica abstractă şi în limbajul de specialitate. Sunt poveşti care oferă o explicație intimă a universului, sau a unei părți din univers, a naşterii, a îmbătrânirii şi a transformării sale. Poveştile oferă un mijloc de a percepe universul dintr-o perspectivă

altminteri inaccesibilă. Ele oferă o poartă către tărâmuri ale realității care, în exemplele remarcabile, sunt complet neașteptate. Prin matematică, confirmată de experiment şi observație, ni se permite să intrăm în comuniune cu un cosmos straniu şi minunat.

Poveştile pe care le spunem de mii de ani în limbile naturale joacă un rol analog. Prin poveste ne eliberăm de perspectiva noastră individuală obişnuită, iar pentru un scurt moment locuim în lume într-un mod diferit. O percepem prin ochii şi imaginația povestitorului. Simulatorul de zbor al poveştilor e portalul nostru către lumi idiosincratice care viețuiesc în minți învecinate. După cum spunea Joyce Carol Oates, cititul „este singura metodă prin care ne strecurăm, involuntar, deseori neputincioşi, în pielea altcuiva; în glasul altcuiva; în sufletul altcuiva […] pentru a pătrunde într-o conştiință necunoscută nouă“.[36] În absența poveştilor, nuanțele altor minți ar fi la fel de opace ca lumea microscopică fără cunoaşterea mecanicii cuantice.

Această trăsătură distinctivă a poveştii are vreo consecință evolutivă? Cercetătorii cred că da. Am prosperat, în mare parte, fiindcă suntem o specie extrem de socială. Putem să trăim şi să muncim în grupuri. Nu în perfectă armonie, dar cu suficientă cooperare pentru a răsturna calculele privind supraviețuirea. În număr nu este doar siguranță. În număr este şi inovație, participare, delegare şi colaborare. Iar cunoştințele despre diversitatea experienței umane pe care le-am absorbit prin poveşti sunt esențiale pentru succesul vieții în grup. După cum observa psihologul Jerome Bruner, „Ne organizăm experiența şi amintirea evenimentelor umane mai ales în formă narativă“[37], ceea ce îl făcea să pună la îndoială că „o asemenea viață colectivă ar

fi posibilă în absența capacității noastre umane de a organiza şi comunica experiența sub formă de narațiune“.[38] Prin narațiune explorăm spectrul comportamentului uman, de la satisfacerea aşteptărilor sociale la transgresiunile cele mai odioase. Suntem martori ai diversității motivației umane, de la ambiția elevată la brutalitatea reprobabilă. Întâlnim anvergura dispozițiilor umane, de la victoria triumfătoare la pierderea sfâşietoare. După cum sublinia filologul Brian Boyd, narațiunea face „peisajul social mai navigabil, mai vast, mai deschis posibilităților“, insuflându-ne „dorința de a înțelege lumea nu doar în termenii experienței noastre directe, ci şi prin experiența altora – şi nu doar a unor persoane reale“.[39] Indiferent dacă sunt spuse prin intermediul miturilor, poveştilor, fabulelor sau chiar al relatărilor înfrumusețate ale unor evenimente cotidiene, narațiunile sunt cheia naturii noastre sociale. Prin matematică intrăm în comuniune cu alte realități; prin poveste intrăm în comuniune cu alte minți.

Când eram copil, urmăream adesea serialul *Star Trek* împreună cu tatăl meu, tradiție pe care o repet cu fiul meu. Poveştile moralizatoare şi opera spațială exercită o puternică atracție asupra celor cărora le place explorarea eroică servită cu doze de reflecție filozofică. Unul dintre episoadele cele mai captivante, „Darmok“, din noua serie *Next Generation*, înfățişează rolul extraordinar al povestirii în modelarea civilizației. Tamarienii, o rasă extraterestră de umanoizi, comunică doar prin intermediul alegoriilor, de aceea folosirea de către căpitanul Picard a limbajului direct e la fel de derutantă pentru ei cum sunt pentru el permanentele lor referiri la poveşti necunoscute lui. Picard înțelege în cele din urmă viziunea lor alegorică

asupra lumii şi stabileşte o întâlnire interspecifică a minților povestind *Epopeea lui Ghilgameş*.

Pentru tamarieni, tiparele vieții şi ale comunității sunt imprimate într-o colecție de poveşti împărtăşite. Şablonul nostru mental nu este atât de unilateral, dar chiar şi aşa narațiunea oferă una dintre principalele noastre scheme conceptuale. Antropologul John Tooby şi psihologul Leda Cosmides, pionieri ai psihologiei evolutive, sugerează de ce: „Am evoluat cu nu prea mult timp în urmă din organisme a căror unică sursă de informații (ne-înnăscute) a fost experiența proprie a individului.“[40] Iar experiența, fie că e vorba de a înfrunta mulțimea din Times Square în zilele noastre sau de a coordona o vânătoare în grup pe câmpiile Africii cenozoice, oferă informații sub forma unor pachete narative. Dacă am poseda perspectiva supraomenească imaginară permițând vederea particulelor pe care am invocat-o în capitolul precedent, pachetele de experiență poate că ar arăta altfel: poate că ne-am organiza gândurile şi amintirile în termeni de traiectorii ale particulelor sau funcții de undă cuantice. Dar, cu percepțiile umane obişnuite, paleta experienței are culorile narațiunii, şi de aceea minților noastre sunt adaptate pentru a picta universul în poveşti.

De remarcat totuşi că forma şi conținutul sunt lucruri diferite. Deşi experiența ne-a insuflat fascinația pentru structura poveştii, folosim narațiunea pentru a ne organiza cunoştințele mult dincolo de limitele întâlnirilor umane. Progresele ştiinței oferă un prim exemplu. Poveştile despre o specie solitară care porneşte la cucerirea marilor mistere ale realității şi revine cu cunoştințe dintre cele mai uimitoare pot fi într-adevăr substanța dramelor şi epopeilor eroice. Dar între standardul

succesului pentru conținutul științific al acestor poveşti şi măsurile pe care le aplicăm odiseelor noastre umane diferența e ca de la cer la pământ. Rațiunea de a fi a științei e să înlăture vălul care ascunde realitatea obiectivă, aşa încât relatările ştiințifice trebuie să se conformeze standardelor logicii şi să fie testate prin experimente repetabile. Aceasta e puterea şi totodată limitarea ştiinței. Dar, aderând riguros la un standard care minimizează subiectivitatea, ştiința se concentrează asupra unor rezultate care trec dincolo de orice membru individual al speciei. Extrem de importanta ecuație cuantică a lui Schrödinger ne spune foarte multe despre electroni – şi cât de emoționant e să avem o ecuație care descrie forfota acestor particule fantomatice cu mai mare precizie decât orice relatare a oricărui alt eveniment de pe planetă –, dar matematica nu ne spune mare lucru despre Schrödinger sau noi, ceilalți. Este prețul pe care ştiința îl plăteşte cu mândrie pentru o cronică cuantică ce s-ar putea dovedi relevantă mult dincolo de micul nostru colț de realitate, fiind poate stăpână pe toată întinderea spațiului şi întreaga durată a timpului.

Poveştile pe care le spunem despre acțiunile personajelor, fie că sunt reale sau fictive, au alt obiect. Ele luminează bogăția existenței noastre, circumscrisă ineluctabil şi în întregime subiectivă. Impresionanta povestire a lui Ambrose Bierce, care ocupă un scurt moment dintr-o execuție militară la Owl Creek Bridge, distilează ceea ce Ernest Becker a numit „teribila dorință lăuntrică de viață“.[41] Prin poveste, asistăm la o versiune amplificată a acelei dorințe arzătoare. Iar când ni-l imaginăm pe epuizatul, dar exaltatul Peyton Farquhar întinzându-se să-şi îmbrățişeze soția, însă lațul funiei îl smulge

brusc, pe el ca şi pe noi, din imaginara lui evadare, sentimentul nostru legat de ce înseamnă a fi om se ramifică. Prin limbaj, povestea aruncă în aer limitele care altminteri ne-ar fi impuse de experiențele noastre mărginite. În timp ce cuvintele alese cu măiestrie ne călăuzesc imaginația, dobândim un sentiment mai profund al umanității noastre comune şi o înțelegere mai nuanțată a felului în care să supraviețuim ca specie socială.

Indiferent dacă e vorba de fapte sau ficțiune, de sensul propriu sau figurat, impulsul narativ e o trăsătură umană universală. Asimilăm lumea prin simțuri, iar în urmărirea coerenței şi întrezărirea posibilității căutăm tipare, inventăm tipare şi imaginăm tipare. Cu ajutorul poveştilor articulăm ceea ce găsim. Este un proces continuu, esențial pentru modul în care ne ordonăm viața şi atribuim sens existenței. Poveştile despre personaje reale sau imaginare, reacționând la situații familiare sau extraordinare, oferă un univers virtual de participare umană care ne inspiră reacțiile şi ne rafinează acțiunile. Cândva în viitorul îndepărtat, dacă vom fi în sfârşit gazde ale unor vizitatori dintr-o lume îndepărtată, narațiunile noastre ştiințifice vor conține adevăruri pe care probabil că şi ei le-au descoperit, aşa încât vor avea puțin de oferit. La fel ca în cazul lui Picard şi al tamarienilor, narațiunile noastre umane le vor spune cine suntem.

Povestiri mitice

În comunitatea oamenilor de ştiință, rezultatele cercetării sunt acceptate dacă explică date enigmatice, oferă soluții ale unor probleme teoretice spinoase sau ne permit să realizăm lucruri anterior imposibile. Marea majoritate a progreselor ştiințifice

rămân domeniul experţilor, dar unele reuşesc să se ridice deasupra celorlalte şi au un impact cultural extins. De cele mai multe ori, acestea sunt progrese relevante pentru marile întrebări care transcend amănuntele ştiinţifice de rutină: Cum a început universul? Care e natura timpului? Este spaţiul ceea ce pare să fie? Dacă asimilaţi răspunsurile cele mai rafinate ale ştiinţei la asemenea întrebări importante, perspectiva voastră asupra realităţii se va schimba aproape cu certitudine. Faptul că suntem pe o planetă mică ce se roteşte în jurul unei stele obişnuite, ca urmare a unei formidabile inflaţii a spaţiului primordial, îmi inspiră permanent gândurile privind locul nostru în imaginea la scară mare. Că timpul se scurge cu o viteză diferită pentru mine faţă de oricine altcineva care nu se mişcă exact la fel ca mine este un fapt uimitor asupra căruia reflectez la nesfârşit. Că realitatea noastră aparent tridimensională ar putea fi doar o secţiune subţire dintr-un spaţiu cu mult mai vast este o posibilitate fascinantă pe care îmi place să mi-o imaginez.

De-a lungul mileniilor, şi culturile au produs poveşti deosebite care au izbutit să se ridice deasupra celorlalte şi să aibă o mare influenţă asupra viziunii despre realitate a comunităţii lor. Acestea sunt miturile unei culturi – poveşti suficient de respectate pentru a acumula o calitate sacră. Este foarte greu să defineşti mitul, dar vom considera că el desemnează poveşti care invocă agenţi supranaturali pentru a explora marile întrebări ale unei culturi: originea sa, ritualurile sale îndelung practicate, modurile sale specifice de a impune ordinea în lume. Prin longevitatea lor, marea atractivitate şi portofoliul de explicaţii fundamentale, miturile devin baza unei moşteniri împărtăşite, un corpus de tragedie şi triumf, de

cronică şi fantezie, de aventură şi reflecție care defineşte un popor şi modelează o societate.

Există o lungă serie de savanți care au elaborat modalități ingenioase de a citi şi interpreta mitul. La începutul secolului XX, antropologul Sir James Frazer a lansat ideea că miturile apar din încercările de a explica fenomenele altminteri enigmatice ale vieții şi naturii cu care s-au întâlnit semenii noştri din vechime. Psihanalistul Carl Jung credea că, prin mijlocirea arhetipurilor – tipare universale care, presupunea el, sunt inerente minții inconştiente –, miturile exprimă trăsături împărtăşite ale experienței umane. Joseph Campbell afirma existența unui „monomit“, un şablon fundamental pentru poveştile mitologice în care un personaj şovăielnic e chemat la acțiune, porneşte într-o aventură plină de pericole şi rituri de trecere care sfidează moartea, iar în cele din urmă se întoarce acasă, un erou renăscut a cărui călătorie ne scutură viguros simțul realității.[42] Mai recent, filologul Michael Witzel sugera că un şablon universal iese mai clar în evidență nu la nivelul miturilor individuale, ci doar atunci când examinăm miturile colective ale unor întregi tradiții – o succesiune de poveşti înlănțuite care se extinde de la începuturile lumii până la disoluția ei finală. Invocând lingvistica, genetica populațiilor şi arheologia, Witzel susține că însuşirile comune ale acestor narațiuni pot fi identificate într-o formă anterioară de mitologie originară din Africa, poate în urmă cu o sută de mii de ani.[43]

Aceste propuneri şi altele, prea numeroase pentru a le menționa, suscită controverse şi critici pătimaşe. Au susținători şi detractori; se înalță şi cad. Unii oameni de ştiință sugerează că, deşi o explicație unică atotcuprinzătoare a mitului exercită o seducție puternică – ea ar contribui la identificarea

trăsăturilor universale care au modelat moştenirea noastră ancestrală –, complexitatea vieții umane desfăşurată de-a lungul unei istorii incerte şi doar vag luminată poate că nu se pretează unei explicații unice. Pentru scopul nostru aici, anvergura explicativă poate fi mai limitată. Specialista în domeniul religiilor şi scriitoarea Karen Armstrong a oferit rezumatul cel mai succint, observând că miturile sunt „aproape întotdeauna înrădăcinate în experiența morții şi frica de extincție“[44]; şi chiar dacă suntem ceva mai moderați şi atenuăm „aproape întotdeauna“ la „deseori“ sau „în multe cazuri“, tot avem o puternică lumină călăuzitoare.

Câteva exemple: Când Ghilgameş aude vorbindu-se despre un om căruia s-ar părea că zeii i-au dăruit nemurirea, el nu se dă înapoi de la nimic – străbate pustietăți întinse, înfruntă scorpioni monstruoşi, traversează Apele Morții – pentru a afla secretul prin care să scape de sfârşitul altminteri inevitabil. Moartea este elementul central în povestea hindusă a zeiței Kali, a cărei perfecțiune îi înfurie atât de tare pe semenii ei divini, încât aceştia îi retează capul cu un fulger;[45] moartea este nucleul mitului Kono[17] al creației în care Sa, divinitatea morții, crede că fiica lui a fost violată de zeul Alatangana, şi drept răzbunare decretează mortalitatea pentru întreaga omenire; este o temă semnificativă în povestea din Oceania a lui Maui, care trece prin fălcile fioroase ale zeiței demonice Marea Hina a Nopții, cu intenția de a-şi asigura nemurirea smulgându-i inima – dar Hina se trezeşte, şi cu dinții ei tăioşi ca briciul îl sfâşie în bucăți.[46] Deschideți la întâmplare antologia voastră preferată de mituri ale lumii, iar în scurt timp veți ajunge la poarta morții. Basmele acestea despre personaje care se luptă pentru viața lor şi aduc moartea în lume au ecou în numeroasele

poveşti despre nimicirea întregii lumi. Aşa cum observă Witzel, distrugerea „poate avea loc printr-o conflagrație mondială finală, Götterdämmerung sau Ragnarök din Edda; prin metal topit în mitul zoroastrian; focul şi dansul distructiv al lui Śiva în India; foc în mitul Munda; foc/apă şi aşa mai departe în miturile maya şi ale altor populații mezoamericane; distrugerea finală a pământului de către Atum în Egipt“.[47] Iar dacă toate acestea nu vi se par suficiente, există numeroase poveşti despre alte forme de distrugere care folosesc cu generozitate gheața, iernile nesfârşite şi, prezente în întreaga lume, potopurile.

Ce se întâmplă? De ce atâtea pericole, morți şi distrugeri? Narațiunea invită conflictul şi dificultatea; dacă nu ne-am propus cumva să răsturnăm normele narative, în absența acestor elemente cu greu am putea spune vreo poveste. Să adăugăm şi celelalte preocupări majore din nucleul mitului – originea locului sau a oamenilor şi rațiunile modurilor de a fi –, iar dilemele inerente povestirii sunt împinse la extrem. Cu greu ar putea fi altfel. Când dispunem de limbaj şi când spunem poveşti, înseamnă că am dobândit capacitatea de a trăi dincolo de momentul prezent. Putem naviga cu uşurință în trecut şi în viitor. Putem să planificăm şi să proiectăm, să anticipăm şi să pregătim. Utilitatea acestor capacități e evidentă, dar posedând o astfel de agilitate mentală trăim de asemenea cu amintirea celor care au fost, dar nu mai sunt. Deducem tiparul, niciodată încălcat, că orice viață are un sfârşit. Recunoaştem că viața şi moartea sunt unite într-o îmbrățişare indisolubilă. Ele sunt trăsături duale ale existenței. A reflecta asupra originilor înseamnă a pune întrebări despre sfârşituri. A reflecta cum să-ți trăieşti viața înseamnă a reflecta asupra absenței

vieții. Caracterul inevitabil al morții este o concluzie obligatorie pentru noi aici şi acum şi, ne putem imagina, cu atât mai mult în epocile când sfârşitul putea surveni într-un mod mult mai capricios. Nu e de mirare că moartea şi distrugerea au devenit teme proeminente.

Dar de ce să populăm aceste basme străvechi cu giganți maniaci, şerpi care scuipă foc, oameni cu capete de taur şi altele asemenea? De ce basme fantastice înfricoşătoare în locul unui realism înfricoşător? De ce să mergem la filme precum *Poltergeist* şi *Exorcistul*, iar nu la *Salvați-l pe soldatul Ryan* şi *Reservoir Dogs*? Antropologul cognitiv Pascal Boyer, dezvoltând lucrări mai vechi ale savantului cognitivist Dan Sperber[48], sugerează un răspuns. Pentru ca un concept să ne atragă atenția cu suficientă forță încât să ni-l amintim şi să-l transmitem altora, el trebuie să fie suficient de nou pentru a surprinde, dar nu atât de şocant încât să-l considerăm numaidecât ridicol. Boyer susține că o anumită reflecție îşi atinge ținta cognitivă dacă este „minimal contraintuitivă“ – ceea ce înseamnă că încalcă una sau cel mult două dintre aşteptările noastre adânc înrădăcinate.[49] Oameni invizibili? Desigur, atâta timp cât invizibilitatea e singura trăsătură contraintuitivă. Un râu care rezolvă probleme de analiză matematică şi cântă soluțiile pe tema din *M*A*S*H*? Absurd, şi ca atare respins de aproape toți şi repede uitat. Aliniindu-se temelor ieşite din comun ale povestirilor mitice, protagoniştii pe care-i întâlnim sunt creații ieşite din comun, dar numai minimal contraintuitive, ale imaginației umane. Nici o surpriză că aceşti protagonişti au forme fizice, procese de gândire şi chiar profiluri ale personalității complet familiare, chiar dacă puterile lor depăşesc aşteptările bazate pe

tot ceea ce am întâlnit vreodată.

Limbajul oferă un cilindru în plus motorului creativ al mitului. Odată ce avem capacitatea de a descrie structura lucrurilor obişnuite – furtuni violente, arbori în flăcări, şerpi care se strecoară etc. – limbajul oferă de-a gata un Mr. Potato Head[18] narativ care ne permite să amestecăm şi să asociem în mod liber. Stânci uriaşe şi oameni care vorbesc sunt la numai un pas de amestecul lingvistic mult mai captivant de stânci care vorbesc şi oameni uriaşi. Limbajul eliberează capacitatea cognitivă de a imagina tot felul de combinații improvizate care ne duc la noutate.[50] Minţile care au dobândit această putere au fost minți capabile să vadă vechile probleme într-un mod nou. Minți capabile să inoveze. Minți care, în timp, vor controla şi remodela lumea.

Teoria asupra minții – tendința noastră înnăscută de a atribui o minte la tot ceea ce întâlnim şi care dă impresia că posedă voință – de asemenea alimentează vârtejul creativ. La fel ca în discuția anterioară asupra conştiinței, atunci când întâlnim alți oameni, chiar şi de la distanță şi fără să interacționăm direct, îi înzestrăm imediat cu minți mai mult sau mai puțin asemănătoare cu a noastră. Din punctul de vedere al evoluției e un lucru bun. Alte minți pot genera comportamente pe care e preferabil să le anticipăm. Acelaşi lucru e valabil pentru animale, aşa încât în mod instinctiv le atribuim şi lor intenții şi dorințe. Dar uneori, aşa cum au subliniat psihologul Justin Barrett şi antropologul Stewart Guthrie, exagerăm.[51] Din punctul de vedere al evoluției, şi acesta poate fi un lucru bun. A confunda de la distanță o tufă luminată de Lună cu un leu aşezat nu e mare scofală. A crede că zgomotul pe care tocmai l-ai auzit e o creangă în

bătaia vântului, când de fapt e un leopard care se apropie, e fatal. Când atribuim voință naturii, e mai bine să exagerăm decât să subestimăm (până la un punct, firește), o lecție pe care moleculele ADN de succes şi vehiculele povestitoare în care locuiesc au învățat-o foarte bine.

Cu decenii în urmă, în timpul uneia dintre rarele mele excursii cu cortul, a trebuit să petrec o scurtă perioadă singur în pădure. Echipat cu o prelată, un sac de dormit, trei chibrituri, un mic bidon, un pix şi un carnet de însemnări, m-am simțit mai singur decât fusesem vreodată. Nu eram pregătit nici practic, nici psihic. Am reuşit să improvizez un acoperiş jos agățând prelata de nişte crengi bine alese, dar am folosit toate chibriturile în prima încercare nereuşită de a aprinde focul. Pe măsură ce Soarele se apropia de asfințit şi frica începuse să crească, am desfăcut sacul de dormit, m-am strecurat în el şi am privit prelata atârnând la mică distanță deasupra feței mele. Eram în pragul panicii. Pentru urechile mele obişnuite cu oraşul şi imaginația suprasolicitată, fiecare rafală de vânt şi fiecare scârțâit era un urs sau o puma. Nu aveam iluzii de eroism, dar fiecare secundă interminabilă îmi părea un rit de trecere prin care sfidam moartea. Am scos pixul şi am desenat doi ochi rotunzi, un nas pătat şi o gură strâmbă, cu colțurile uşor întoarse în sus; pix pe prelată nu e ideal, dar liniile albastre întrerupte şi plasticul încrețit au fost suficiente. Eram tot singur, dar nu o mai simțeam la fel de intens. Dacă fiecare dintre zgomotele nocturne ale pădurii era înzestrat cu o minte, la fel era şi desenul meu. Naufragiul meu a durat doar trei zile, dar am creat propriul Wilson[19].

Evoluția ne-a insuflat tendința de a ne imagina că împrejurimile sunt pline de lucruri care gândesc şi

simt, uneori considerând că ele oferă sfat şi ajutor, dar cel mai adesea închipuindu-ne că urzesc şi plănuiesc, înşală şi trădează, atacă şi se răzbună. A dota în mod excesiv sunetele şi mişcările din lume cu minți înclinate către primejdie şi distrugere îți poate salva viața. A avea flexibilitatea cognitivă pentru a combina elementele realității în poțiuni de fantastic poate sădi inovația. A împuternici protagonişti altminteri obişnuiți cu însuşiri supranaturale surprinzătoare atrage atenția şi înlesneşte transmiterea culturală. În combinație, aceste elemente explică genul de poveşti care au captivat imaginația strămoşilor noştri şi au oferit călăuzirea narativă pentru a naviga prin lumea ancestrală.

Cu timpul, cele mai persistente dintre aceste basme mitice vor fi germenii uneia dintre forțele cele mai transformatoare ale lumii: religia.

---

12. Citat din *Charlotte's Web* (*Pânza lui Charlotte*), roman pentru copii al scriitorului american Elwyn Brooks White (1899–1985). Povestea se petrece la o fermă din Maine şi are ca subiect prietenia dintre un porc pe nume Wilbur şi păianjenul Charlotte (n. tr.).

13. Film din 1991 în regia lui Ridley Scott. Thelma (Geena Davis) şi Louise (Susan Sarandon) sunt două prietene care vor să evadeze din rutina cotidiană printr-un periplu rutier. Escapada lor capătă o turnură neaşteptată când Louise ucide un bărbat care amenința s-o violeze pe Thelma (n. tr.).

14. Rubrică de sfaturi fondată în 1956 de Pauline Phillips (1918–2013) sub pseudonimul Abigail (Abby) Van Buren, şi continuată în prezent de fiica ei, Jeanne Phillips. Din 1987, rubrica a fost publicată de peste 1.200 de ziare din SUA (n. tr.).

15. Personajul principal din romanul lui Franz Kafka *Procesul* (n. tr.).

16. *Kata*, în japoneză, „formă“, este o succesiune riguros codificată de tehnici şi mişcări, concepută pentru antrenamentul individual în artele marțiale (n. tr.).

17. Grup etnic din Sierra Leone (n. tr.).

18. Dl. Cap de Cartof, jucărie de plastic inventată de George Lerner în 1949; constă dintr-o formă de cartof căreia i se pot ataşa diverse componente: ochi, urechi, nas, pantofi, pălărie etc. (n. tr.).

19. Referire la filmul *Cast away* (*Naufragiatul*), din anul 2000, în regia lui Robert Zemeckis. Chuck Noland (Tom Hanks), un analist de sisteme, e în drum spre Malaezia când avionul său se prăbuşeşte în Pacific din cauza unei furtuni. Chuck ajunge pe o insulă nelocuită, unde supraviețuieşte timp de patru ani până când e salvat de un cargo. El desenează o față pe o minge de volei, o numeşte Wilson, şi începe să vorbească cu mingea, care-i va ține tovărăşie pe tot timpul şederii sale pe insulă (n. tr.).

7. CREIERUL ŞI CREDINȚA

De la imaginație la sacru

Îmi imaginez că atunci când vom lua în sfârşit legătura cu ființe inteligente extraterestre, şi ele vor relata o istorie plină cu încercări de a găsi semnificații. Viața capabilă să construiască telescoape, să făurească nave spațiale, să se avânte în cosmos şi să-i asculte şoaptele este o viață care are capacitatea autoreflecției. Odată cu maturizarea inteligenței, acelaşi impuls de a explora şi a înțelege se manifestă ca un imbold de a atribui semnificație experienței. Răspunde la suficiente întrebări „cum“, iar întrebările „de ce“ urmează rapid. Aici, pe Pământ, supraviețuirea i-a obligat pe primii noştri semeni să fie tehnicieni. Ei au trebuit să învețe să prelucreze piatra, bronzul şi fierul. Au trebuit să stăpânească tehnicile vânătorii, culesului şi agriculturii. Dar, în timp ce se ocupau cu necesitățile esențiale ale supraviețuirii, strămoşii noştri s-au luptat cu aceleaşi întrebări ca noi – întrebări despre origine, semnificație şi scop. A supraviețui înseamnă a porni să investighezi de ce supraviețuirea contează. Tehnicienii devin în mod inevitabil filozofi. Sau oameni de ştiință. Sau teologi. Sau scriitori. Sau compozitori. Sau muzicieni. Sau artişti. Sau poeți. Sau adepți ai miilor de variațiuni şi combinații ale unor sisteme de gândire şi expresii creative care promit răspunsuri la întrebările care ne rod pe dinăuntru mult timp după ce stomacurile noastre sunt pline.

Aşa cum reiese limpede din poveştile şi miturile

noastre durabile, întrebările cele mai persistente sunt cele existențiale. Cum a început lumea? Cum se va sfârşi? Cum se poate ca acum să fim aici, iar peste o clipă să fim duşi? Unde ne ducem? Ce alte lumi mai pot exista?

Imaginând alte lumi

Cu aproximativ o sută de mii de ani în urmă, în regiunea Galileea Inferioară din actualul Israel, un copil de patru sau cinci ani, care poate se juca liniştit, sau poate făcea vreo poznă, a suferit o lovitură traumatică la cap. Sexul copilului nu e cunoscut, dar să ne imaginăm că era o fetiță. Cauza rănii e de asemenea obscură. S-a rostogolit pe un povârniş bolovănos, a căzut dintr-un copac, a primit o pedeapsă excesivă? Ce ştim este că impactul i-a străpuns partea dreaptă din față a craniului, provocându-i o leziune a creierului pe care a suportat-o până la doisprezece sau treisprezece ani, când a murit. Faptele au fost deduse din rămăşițele scheletice găsite la Qafzeh, unul dintre cele mai vechi locuri de înhumare, a cărui excavare a început în anii 1930. Deşi rămăşițele altor douăzeci şi şase de oameni au fost găsite în acel loc, mormântul fetiței e deosebit. Coarnele a doi cerbi i-au fost aşezate pe piept, cu unul din capete în palmă, un aranjament care, potrivit cercetătorilor, e dovada unui ceremonial de înmormântare. Coarnele ar putea fi doar un ornament neintenționat? Posibil. Dar e uşor să urmărim raționamentul echipei de cercetători şi să ne imaginăm că Qafzeh 11, cum e numit copilul, a fost aşezat în mormânt printr-un ritual săvârşit în urmă cu o sută de milenii de oameni preistorici care reflectau asupra morții, străduindu-se să-i înțeleagă sensul şi, eventual, gândindu-se la

ce ar putea să urmeze.[1]

Deşi concluziile asupra unor evenimente atât de îndepărtate în timp sunt cu siguranță incerte, excavațiile unor morminte din epoci ulterioare fac interpretarea şi mai plauzibilă. În 1955, în satul Dobrogo, la aproximativ două sute de kilometri nord-est de Moscova, Alexander Nacharov manevra un excavator pentru Atelierul de Ceramică Vladimir, când a observat că în lutul maro-gălbui pe care-l scosese erau amestecate oase. Ele s-au dovedit a fi primele dintr-un număr mare care vor fi dezgropate în următoarele decenii la Sunghir, unul dintre cele mai renumite locuri de înhumare din paleolitic. Unul dintre morminte atrage în mod special atenția: un băiat şi o fată, în vârstă de aproximativ zece şi doisprezece ani atunci când au murit, au fost îngropați cu capetele unul lângă altul în ceea ce pare o contopire eternă a două minți tinere. Îngropați în urmă cu mai bine de treizeci de mii de ani, rămăşițele lor sunt împodobite cu una dintre cele mai sofisticate colecții de bunuri funerare descoperite vreodată. Podoabe pentru cap din dinți de vulpe polară, brățări de fildeş, peste o duzină de vârfuri de suliță din fildeş, discuri de fildeş perforate şi – aducând un zâmbet fanilor lui Liberace[20] – mai mult de zece mii de mărgele de fildeş cioplite, care probabil au fost cusute în veşmântul funerar al copiilor. Cercetătorii au estimat că în ritmul furibund de o sută de ore pe săptămână, un artizan ar fi avut nevoie de peste un an pentru a făuri aceste podoabe.[2] Investiția oferă cel puțin un indiciu puternic că înmormântările rituale au fost parte a unei strategii de a transcende caracterul final al morții. Corpul încetează să mai existe, dar o anumită însuşire vitală, ce poate fi amplificată, conciliată, onorată sau gratificată cu ajutorul unor accesorii

funerare elaborate, se va perpetua.

Antropologul din secolul XIX Edward Burnett Tylor a susținut că visele au reprezentat o influență persuasivă care i-a condus pe primii oameni chiar la această concluzie.[3] Ne putem foarte bine imagina că escapadele nocturne, de la ciudate la extravagante, vor fi oferit un indiciu persistent al unei lumi invizibile pentru ochii deschişi. Indiferent că te simți reconfortat sau înspăimântat, a te trezi dintr-o întâlnire cu un prieten sau o rudă decedată înseamnă a rămâne cu sentimentul că aceştia există în continuare. Nu aşa cum au existat odinioară. Şi evident nu aici. Dar într-un mod eteric ei sunt aproape. Relatările scrise, deşi disponibile doar mult mai târziu, susțin această speculație prin numeroase exemple de vise care oferă ferestre către realități nevăzute. Vechii sumerieni şi egipteni au interpretat visele ca ordine ale divinității; pretutindeni în Vechiul şi Noul Testament, voința divină e frecvent revelată prin mijlocirea viselor. Iar în epoca modernă, studii asupra unor societăți de vânători izolate precum aborigenii australieni dezvăluie rolul esențial al Vremii Visului, un tărâm etern de unde întreaga viață provine şi unde întreaga viață se va întoarce. Stări de transă onirică sunt de asemenea comune unui număr de tradiții care se angajează în ritualuri animate de muzică de percuție şi dansuri extenuante, ce pot să dureze ore în şir şi să inducă reverii hipnotice despre care participanții au spus că i-au transportat în planuri distincte ale realității.[4]

Nici în orele de veghe nu vor fi lipsit episoadele sugerând o realitate aflată dincolo de vizibil: forțe puternice active pe Pământ şi în ceruri; întâmplări capricioase ale existenței cotidiene; pericole frecvente care amenințau viața sau îi puneau capăt. Succesul evolutiv într-un cadru social a predispus

creierul să atribuie experiențe comune acțiunilor semenilor. Când lovea trăsnetul, veneau inundațiile sau se cutremura pământul, am continuat să ne închipuim că o ființă gânditoare era responsabilă. Confruntați cu toate acestea, ne putem imagina că strămoşii noştri recunoşteau implicit limitele influenței lor într-o lume incertă, iar ca răspuns invocau personaje locuind un tărâm invizibil şi care stăpâneau acele puteri care lor le lipseau.

Involuntar sau nu, a fost un răspuns spectaculos de inteligent. El ne-a permis să creăm poveşti coerente din evenimente altminteri aleatorii: să imaginăm tărâmuri nevăzute populate cu personaje familiare sau inventate. Să furnizăm nume şi chipuri, reale sau fantastice, care supraveghează îndeaproape ceea ce facem şi exercită controlul ultim asupra destinului nostru. Să redefinim mortalitatea ca o poartă traversată de Qafzeh 11, de cele două duzini de tovarăşi de peşteră ai săi, precum şi de generații de strămoşi, în drum spre lumile acestea invizibile, dar dominante. Să le spunem şi respunem poveştile, iar odată cu aceste narațiuni să invocăm personalitățile, slăbiciunile, ranchiunele, invidiile şi tot felul de conduite umane etalate în lumi apropiate pentru a explica întâmplările altminteri inexplicabile din lumea noastră.

Străvechile noastre incursiuni artistice oferă indicii suplimentare ale unor preocupări extramundane. Pe pereți de piatră din întreaga lume exploratorii au descoperit zeci de mii de imagini pictate, unele dintre ele datând de peste patruzeci de mii de ani. Ele dezvăluie o întreagă menajerie, de la leu şi rinocer la hibrizi ingenioşi incluzând combinații între femeie şi cerb sau bărbat şi pasăre. Forma umană capătă un rol secundar, deseori

executată ca o schiță rudimentară, în cazul în care apare. Colecțiile de amprente ale mâinilor omeneşti abundă, reprezentate ca suprapuneri haotice ale unor contururi desenate a căror semnificație o putem doar ghici – strădania de a atinge un alt tărâm, năzuința de a dobândi durabilitatea aparent infinită a pietrei, imprimarea unei ornamentații exuberante, versiuni timpurii ale lui „Kilroy a fost aici“[21]? Intențiile dispar şi adesea rămâne doar să ne întrebăm. Şi, făcând-o, recunoaştem în vrăjitorul care dansează şi în bizonul muribund cele dintâi eforturi ale unei forțe creatoare asemănătoare cu a noastră. Privind dincolo de suprafața pietrei, întrezărim propriul nostru chip.

E deopotrivă emoționant şi înşelător. Tentația întâlnirii cu vechile noastre rubedenii culturale ne poate face să atribuim o semnificație necuvenită creațiilor lor. Poate că arta rupestră nu reprezintă decât mâzgălelile fără sens ale minții conştiente aflate la începuturile sale. Sau, într-o descriere mai elevată, poate că arta rupestră demonstrează un vechi imbold estetic, ceea ce unii au numit „artă pentru artă“.[5] A infera ce i-a inspirat pe oamenii care au trăit în urmă cu sute de secole e o întreprindere riscantă, de aceea e recomandabil să nu întrecem măsura. Dar, dacă ținem seama de efortul necesar pentru a atinge cel puțin unele dintre aceste locuri – arheologul David Lewis-Williams spune că exploratorii de acum, şi probabil artiştii rupeştri de atunci, „s-au ghemuit şi s-au târât de-a lungul unui coridor subteran îngust, prin beznă totală, mai mult de un kilometru, au alunecat pe lângă maluri noroioase şi au străbătut cu greu lacuri întunecate şi râuri ascunse“[6] –, explicația „artă pentru artă“ pare mai puțin plauzibilă. Chiar şi aceia dintre străbunii noştri îndepărtați care aveau înclinații boeme

deosebit de puternice probabil că ar fi ales moduri mai uşoare de a-şi satisface un imbold pur artistic.

Prin urmare, poate că precursorii noştri artistici îndeplineau ceremonii magice care să asigure succesul la vânătoare, o idee promovată la începutul secolului XX de arheologul Salomon Reinach.[7] Ce contează un pic de speologie şi de pictură dacă poate să asigure o cină delicioasă şi necesară?[8] Sau, aşa cum a sugerat Lewis-Williams dezvoltând idei discutate de istoricul religiilor Mircea Eliade, poate că arta rupestră derivă din călătoriile mentale şamanice. Pe măsură ce naraţiunile mitice şi-au sporit publicul, şamanii – conducători spirituali care au dobândit notorietate convingându-i pe alţii, şi poate că şi pe ei înşişi, de capacitatea lor de a călători către tărâmuri nevăzute ale unor realităţi apropiate – au devenit intermediari între lumea aceasta şi cea de apoi. Inspiraţia pentru picturile paleolitice o puteau constitui viziunile din timpul transelor trăite de şamanii care negociau cu personaje mitologice sau serveau drept intermediari ai unor animale imaginare.

Similitudini frapante între compoziţii separate de continente şi milenii par să indice o explicaţie cuprinzătoare unică pentru arta rupestră. Dar, chiar dacă această perspectivă e prea ambiţioasă, există o caracteristică de care arheologul Benjamin Smith e absolut convins: „Peşterile nu erau simple «canavale». Erau locuri unde se săvârşeau ritualuri, unde oamenii comunicau cu spirite şi strămoşi sălăşluind pe alt tărâm, erau locuri încărcate cu semnificaţie şi rezonanţă.“[9] Potrivit lui Smith şi multor altor cercetători cu idei similare, precursorii noştri erau profund convinşi că prin artă şi ritual pot influenţa forţele spirituale. În pofida acestei concluzii încrezătoare, când privim în urmă cu

douăzeci şi cinci, cincizeci, poate chiar o sută de mii de ani, detaliile sunt vagi, de aceea e improbabil că vom şti vreodată cu siguranță ce i-a motivat pe strămunii noştri îndepărtați. Dar chiar şi aşa, o imagine consecventă, fie ea şi speculativă, se impune atenției. Îi vedem pe strămoşii noştri participând la ceremonii de înmormântare, despărțiri ritualizate la plecarea spre alte lumi; creând o artă care imaginează realități ce transcend experiența; povestind narațiuni mitice care invocă spirite puternice, nemurirea şi viața de apoi – pe scurt, firele a ceea ce generațiile ulterioare vor numi religie se unesc, şi nu e greu să vedem inclusă în împletitură recunoaşterea nepermanenței vieții.

Rădăcinile evolutive ale religiei

Putem transforma mugurii religiozității ancestrale într-o explicație pentru adoptarea pe scară largă a practicii religioase în întreaga lume? Adepții ştiinței cognitive a religiilor precum Pascal Boyer susțin că da. Chiar şi în cel mai larg spectru al angajamentului religios, sugerează el, există o bază evolutivă aplicabilă în mod uniform:

> Explicația credințelor şi a comportamentelor religioase se găseşte în modul în care funcționează toate mințile omeneşti. Şi mă refer într-adevăr la toate mințile omeneşti, nu doar la cele ale oamenilor religioşi […], fiindcă ceea ce contează aici sunt acele proprietăți mentale care se regăsesc la toți membrii speciei noastre cu creier normal.[10]

Teza este că trăsăturile inerente creierului uman, modelate de-a lungul eonilor de permanenta bătălie

pentru supremație evolutivă, ne predispun la convingeri religioase. Nu înseamnă că ar exista gene pentru zei sau dendrite cucernice. Boyer se bazează pe o înțelegere a creierului dezvoltată în ultimele decenii de oameni cognitivişti şi psihologi evoluționişti care rafinează metafora familiară a minții ca un calculator. În loc să compare creierul cu un calculator bun la toate, gata pentru orice programare dobândită prin experiență, creierul e asemuit cu un calculator specializat, configurat cu programul conceput de selecția naturală pentru a spori şansele de supraviețuire şi reproducere ale strămoşilor noştri.[11] Aceste programe susțin ceea ce Boyer numeşte „sisteme inferențiale“, procese neurale specializate pentru a răspunde la tipurile de provocări – de la aruncarea suliței la curtarea perechii şi stabilirea de alianțe – care au determinat ale cui gene vor migra cu succes în runda următoare, şi ale cui nu. Teza centrală a lui Boyer e că aceste sisteme inferențiale sunt lesne cooptate de calitățile intrinseci ale religiei.

Am întâlnit deja un asemenea sistem inferențial: teoria noastră asupra minții, prin care atribuim tipul de voință pe care îl percepem în interiorul nostru unor entități pe care le întâlnim în lumea exterioară. Tendința benefică din punct de vedere adaptiv de a exagera în atribuirea unei astfel de voințe explică de ce ne imaginăm cu atâta uşurință că împrejurimile noastre – sub pământ sau în cer – sunt locuite de minți atente. Alte sisteme inferențiale includ înțelegerea intuitivă a psihologiei şi a fizicii: chiar şi fără o instruire formală, toți posedăm cunoştințe de bază despre capacitățile minților şi ale corpurilor. Asociați acestor sisteme inferențiale atracția noastră pentru concepte minimal contraintuitive (să ne reamintim că acestea sunt concepte care încalcă

doar puține din aşteptările noastre intuitive) şi nu mai e nici un mister de ce ne pasionează noțiuni precum spiritele şi zeii (agenți dotați cu minți de tip uman, dar care încalcă intuiția în privința corporalității şi a puterilor, atât psihologice, cât şi fizice). Creierul normal posedă de asemenea sisteme inferențiale sociale care, de exemplu, se interesează de relații, asigurând că purtătorul e tratat corect. Dacă eu fac ceva pentru tine, şi tu va trebui să faci ceva pentru mine, şi să fie clar că țin evidența. Această varietate reciprocă de altruism ar putea fi sursa naturii tranzacționale a relației pe care o au îndeobşte credincioşii cu ființele supranaturale care populează tradițiile religioase: eu voi sacrifica, mă voi ruga, voi face bine, dar în vremuri grele tu mă vei ajuta. Reversul este că, dacă se întâmplă lucruri rele, cu prea multă uşurință dăm vina pe insuccesul nostru individual sau colectiv de a satisface aşteptările divine.

În cartea sa *Religion Explained*, Boyer dezvoltă complet aceste idei; alți cercetători au elaborat variațiuni pe teme similare.[12] Dar schița mea transmite esența acestei abordări: evoluția creierului a fost modelată de bătălia pentru supraviețuire, iar creierul victorios care a rezultat are calități care adoptă religia cu brațele deschise. Este un exemplu pentru ceea ce am numit pachet de tranzacții evolutiv. Predilecția pentru credința religioasă poate că nu are ea însăşi o valoare adaptivă, dar vine la pachet cu o suită de alte calități ale creierului care *au fost* selectate datorită funcțiilor lor adaptive. Ceea ce nu înseamnă că suntem cu toții religioşi, aşa cum preferința pentru dulce, selectată natural, nu înseamnă că toți ne dăm în vânt după gogoşile cu glazură. Înseamnă doar că sistemele inferențiale ale creierului sunt extrem de sensibile la genul de

caracteristici care se manifestă în religiile lumii. Într-adevăr, această rezonanță e motivul pentru care asemenea caracteristici au persistat în religiile lumii. Fie că sunt fantome sau zei, demoni sau diavoli, sfinți sau suflete, fanteziile religioase sunt dirijori virtuozi ai evoluției minții umane. Suntem atenți la ele, acționăm în conformitate cu ele, le promulgăm, astfel încât se răspândesc pe scară largă.[13]

Atâta tot? Supraviețuirea celui mai apt ne-a dotat mințile, iar minților apte li se inculcă cu uşurință o sensibilitate religioasă? Cum rămâne cu rolul pe care presupunem că l-a jucat (iar pentru mulți continuă să-l joace) religia de a explica ceea ce pare inexplicabil, de la originile vieții şi ale universului până la semnificația morții? Boyer şi mulți alții care susțin perspective similare nu neagă rolul religiei în abordarea acestor chestiuni, dar ei afirmă că asemenea considerente sunt insuficiente pentru a explica de ce a apărut religia şi de ce are trăsăturile pe care le are. Aspectul de care nu se ține seama în privința religiei este mintea umană, iar fără o concentrare în primul rând asupra naturii evoluate a minții omitem forța dominantă.

Argumentul dezvoltat de Boyer şi alți cercetători e convingător şi pătrunzător. Dar, aşa cum se întâmplă cu toate teoretizările în arena spectaculos de complexă a creierului, minții şi culturii, e greu să se ajungă la concluzii care să convingă toate mințile moderne, sau măcar acele minți care reflectează în profunzime asupra acestor probleme. În plus, chiar dacă ştiința cognitivă a religiei reuşeşte să demonstreze că avem o susceptibilitate inerentă la gândirea religioasă, rămâne suficient loc pentru ca religia să fie mai mult decât un apendice evolutiv, mai mult decât un simplu produs secundar al unor adaptări cognitive anterioare. Aşa cum au arătat alți

cercetători, poate că religia e omniprezentă fiindcă şi-a adus propria contribuție la aptitudinile noastre adaptive.

Sacrificiul pentru echipă

Odată cu creşterea mărimii clanurilor lor, triburile de vânători-culegători s-au confruntat cu o problemă critică. Cum asiguri cooperarea şi loialitatea în rândurile unui număr tot mai mare de indivizi? Pentru grupurile consanguine, o idee formulată inițial de Darwin şi dezvoltată în deceniile următoare de oameni de ştiință celebri, între care Ronald Fisher, J.B.S. Haldane şi W.D. Hamilton, sugerează că evoluția prin selecție naturală rezolvă problema fără nici un efort.[14] Sunt loial fraților şi surorilor mele, copiilor mei şi altor rude apropiate fiindcă avem în comun o mare parte a genelor noastre. Salvând-o pe sora mea de atacul unui elefant, cresc probabilitatea ca segmente genetice identice cu ale mele să persiste şi să fie transmise generațiilor următoare. Nu-i nevoie să ştiu asta. Iar în timpul isprăvii mele cavalereşti, cu siguranță nu calculez abundențele relative din viitorul bazin genetic. Dar, potrivit logicii darwiniste standard, înclinația mea instinctivă de a-mi proteja rudele, şi chiar de a mă sacrifica pentru grupuri de rude, va fi selectată natural, contribuind la perpetuarea acestui comportament la descendenții care împărtăşesc un procentaj semnificativ din profilul meu genetic. Raționamentul e simplu, dar se pune întrebarea: Când grupurile depăşesc granițele rudeniei, mai există vreo momeală genetică pentru a incita la cooperare?

Dacă ar exista o modalitate de a mă face să cred, sau cel puțin să acționez ca şi cum membrii grupului

mai mare ar aparține familiei mele extinse, problema s-ar putea rezolva. Dar care să fie acea modalitate? Am văzut că poveştile, ameliorându-ne înțelegerea altor minți, au putut înlesni viața în comun. Unii cercetători, precum biologul evoluționist David Sloan Wilson, dezvoltând idei susținute în pragul secolului XX de sociologul Émile Durkheim, duc acest rol adaptiv mult mai departe.[15] Religia *e* poveste, îmbogățită prin doctrine, ritualuri, obiceiuri, simboluri, artă şi standarde de comportament. Conferind o aură de sacralitate unui ansamblu de asemenea activități şi stabilind o loialitate afectivă în rândurile celor care le practică, religia extinde clubul rudeniei. Religia oferă calitatea de membru unor indivizi neînrudiți, care astfel se simt parte a unui grup cu legături puternice. Chiar dacă suprapunerea noastră genetică e minimă, suntem predispuşi să lucrăm împreună şi să ne protejăm unii pe alții grație ataşamentului nostru religios.

O astfel de cooperare contează. Chiar foarte mult. După cum am văzut, oamenii au prosperat nu în mică măsură fiindcă specia noastră are capacitatea de a-şi uni forțele fizice şi intelectul, de a trăi şi a munci în grupuri, de a împărți responsabilitățile şi a satisface eficient nevoile comunității. Coeziunea socială mai mare a membrilor unui grup legat prin religie i-a transformat într-o forță formidabilă în lumea ancestrală şi, potrivit acestui raționament, a asigurat afilierii religioase un rol adaptiv.

Este o perspectivă care a generat decenii de dezbateri. Unii cercetători îşi pun mâinile în cap ori de câte ori coeziunea de grup e invocată ca explicație evolutivă, văzând în aceasta o soluție răsuflată pentru explicarea unor presupuse comportamente prosociale a căror valoare adaptivă

s-a dovedit de altfel iluzorie.[16] Mai mult, valoarea adaptivă a cooperării este ea însăşi o chestiune complexă: în orice grup de indivizi care cooperează, membrii egoişti pot abuza de sistem. Profitând de bunăvoința tovarăşilor lor, indivizii egoişti pot obține o cotă nemeritată din resurse, sporindu-şi astfel în mod incorect şansele de supraviețuire şi reproducere. Prin transmiterea tendințelor egoiste, descendenții lor vor tinde să facă la fel, ducându-i cu timpul la extincție pe camarazii lor încrezători, cu tot cu sensibilitățile lor religioase. S-a terminat cu succesul adaptiv al religiei.

Adepții bazei religioase a coeziunii sociale recunosc problema, dar subliniază că e numai jumătate din poveste. În limitele unui grup izolat de membri care cooperează, egoiştii infiltrați vor câştiga cu siguranță. Dar grupurile de interese – vânători-culegători în Pleistocen – nu erau izolate. Ele interacționau. Luptau. Iar potrivit unei interpretări a datelor arheologice, bătăliile lor erau mortale. Un ansamblu de membri care cooperează, fiecare dedicat bunăstării grupului, se va descurca mai bine. Darwin spunea: „Când două triburi de oameni primitivi, trăind în acelaşi ținut, intrau în competiție, dacă unul din triburi (toate celelalte condiții fiind egale) includea un număr mare de membri curajoşi, altruişti şi loiali, întotdeauna gata să se avertizeze reciproc de pericole, să se ajute şi să se apere reciproc, tribul acesta avea mai mult succes şi îl cucerea pe celălalt.“[17] În plus, cei al căror serviciu a fost inspirat de devoțiunea pentru strămoşii răposați sau pentru nişte divinități vigilente vor fi fost încă şi mai demni de încredere şi mai fervenți în angajamentul lor față de cauză.[18] În consecință, pentru a determina care trăsături vor predomina în bazinul genetic, trebuie să ținem

seama nu numai de dinamica intragrupală, care favorizează egoismul, ci şi de dinamica intergrupală, care favorizează cooperarea. Dacă presupunem că de-a lungul multor mii de generații succesul dinamicii intergrupale a dominat calculele pentru supraviețuire, devotamentul față de grup va avea câştig de cauză, iar coeziunea socială oferită de religie va triumfa.

Victoria astfel imaginată rămâne incertă fiindcă depinde de acea presupunere – ascendentul forțelor dintre grupuri față de cele din interiorul grupului –, şi nu toți sunt convinşi că ea oferă un portret riguros al vieții şi al morții pe toată durata trecutului nostru de vânători-culegători. Încurajându-i şi mai mult pe sceptici, comportamentul cooperant poate fi explicat şi pe baza unor considerente mai practice: matematica teoriei jocurilor. Între extremele comportamentelor egoist şi altruist, există nenumărate strategii pe care le poate urma un membru individual al grupului. Poate că înclin spre altruism, dar, dacă mă superi de prea multe ori, latura mea egoistă se va răzbuna. Poate că odată ce mi-am pierdut încrederea în tine, nu-ți voi mai da o altă şansă – sau poate, dacă-mi faci câteva favoruri, îți voi oferi ocazia s-o recâştigi. Şi aşa mai departe. Ce se întâmplă într-un grup numeros, populat cu adepți ai unei game largi de strategii? Ei bine, strategii de cooperare diferite conferă valori de supraviețuire diferite, aşa încât de-a lungul generațiilor vor fi ele însele supuse selecției darwiniste. Folosind analize matematice şi simulări pe calculator, cercetătorii au confruntat între ele diverse strategii şi au constatat că una anume – „Voi face ceva bun pentru tine atâta timp cât şi tu vei face ceva bun pentru mine în schimb, dar încearcă să mă înşeli şi mă voi răzbuna numaidecât“ – triumfă cu

siguranță asupra altor variante, inclusiv cele mult mai egoiste. Analiza teoretică sugerează aşadar că o cooperare condiționată de tipul acesta ajută supraviețuirea.[19] Pentru detractori, aceasta demonstrează că cooperarea poate să apară în mod organic şi să se răspândească prin intermediul selecției naturale, fără a fi nevoie ca participanții să aibă o credință religioasă comună.

După decenii de dispute, unii cercetători pretind acum că aceste controverse au fost în fine rezolvate. Dar întrucât asemenea evaluări au fost publicate de adepți din ambele tabere, considerarea religiei drept adeziv social care a promovat supraviețuirea în Pleistocen încă n-a obținut consensul. E o problemă complexă. Reunind între alte calități seducătoare farmecul poveştilor, tendința de a atribui voință diverselor entități, consolarea ritualului, apetitul pentru explicație, siguranța comunității şi atracția cognitivă exercitată de ceea ce contravine aşteptărilor, religia e un construct uman bogat şi complex a cărui geneză datează din timpuri atât de îndepărtate, încât datele consistente, de la practici străvechi la conflicte între grupuri, sunt rare. Fără îndoială că dezbaterea va continua.

Nu-i însă exclus şi ca, în evaluarea posibilei funcții adaptive a religiei, discuția despre coeziunea grupului să omită ceva esențial. Unii cercetători au sugerat că impactul adaptiv al religiei se manifestă mai direct la nivelul individului.

Adaptare individuală şi religie

Discutând despre originea limbajului, una dintre propunerile analizate prezenta rolul bârfei în menținerea ierarhiilor şi promovarea alianțelor. Oricât de frivole pot părea asemenea conversații în

epoca modernă, psihologul Jesse Bering plasează bârfa în centrul rolului adaptiv al religiei în trecut. Înainte ca noi să fi dobândit capacitatea de a vorbi, un ticălos din mijlocul nostru se putea comporta inadecvat – furând hrană, împrumutând partenere sexuale, sustrăgându-se de la vânătoare –, dar dacă martorii infracțiunii erau puțini la număr şi cu un statut inferior, vinovatul putea scăpa basma curată. Odată cu înstăpânirea limbajului, lucrurile s-au schimbat. O singură infracțiune amplu comentată era suficientă pentru ca reputația vinovatului să aibă de suferit, iar ocaziile de a recidiva se reduceau drastic. Conform lui Bering, dacă un potențial infractor îşi imaginează că întotdeauna există un martor puternic – pândind în vânt, în copaci sau în cer – e mai puțin probabil ca el să încalce legea, mai puțin probabil să dea prilej de bârfă, mai puțin probabil să devină un proscris social. Prin urmare, e mai probabil să aibă urmaşi şi să-şi transmită instinctul fricii de zei. O predispoziție pentru religie îi protejează filiația genetică, iar astfel se autoperpetuează.[20]

Dovezi în sprijinul acestei ipoteze provin din experimentele efectuate de Bering în care unor copii li se încredințează o sarcină dificilă, după care sunt lăsați s-o ducă singuri la îndeplinire. În absența supravegherii, cercetătorii au constatat ceea ce era de aşteptat. Mulți copii vor trişa. Totuşi, acei copii cărora li se spune că în cameră există un martor invizibil, o prezență prietenoasă, dar foarte atentă, e mult mai probabil să respecte regulile. Asta e valabil chiar şi pentru copiii care afirmă că nu cred în existența unei ființe invizibile. Concluzia lui Bering e că mintea tânără, despre care susține în mod plauzibil că oferă indicii mai utile despre natura noastră umană inerentă decât mințile mature, care au

fost supuse unei mai mari influențe culturale, e predispusă să acționeze în conformitate cu o prezență invizibilă ce urmăreşte permanent comportamentul. În vremurile îndepărtate, această înclinație a încurajat comportamentul prosocial care a protejat reputații, a sporit ocaziile de reproducere, iar astfel a răspândit şi mai mult înclinația însăşi – o înclinație către sensibilitatea religioasă.

Specialişti în psihologia socială experimentală care au dezvoltat timp de decenii viziunea lui Ernest Becker, a cărui carte *Denial of Death* a constituit punctul nostru de plecare în capitolul 1, au atribuit religiei un rol adaptiv diferit. Spaima de a şti că vom muri, susțin aceşti cercetători, „i-ar fi transformat pe strămoşii noştri în grămezi tremurătoare de protoplasmă biologică menite a cădea grabnic în uitare“.[21] Ceea ce ne-a salvat, sugerează ei, a fost promisiunea unei vieți dincolo de moartea fizică, la propriu sau doar la figurat. Becker însuşi a arătat convingător că abordarea conştiinței mortalității prin invocarea supranaturalului a fost o inovație umană sublimă. Pentru a alina suferința efemerității e nevoie de un paliativ necondiționat şi cu durabilitate nelimitată, ceva imposibil de obținut în lumea reală a lucrurilor materiale.

Fără îndoială, e greu să ni-i imaginăm pe robuştii noştri strămoşi strânşi laolaltă în savană într-o stare de paralizie indusă de anxietate. Şi totuşi, prin experimente psihosociale ingenioase, cercetătorii au demonstrat că până şi în epoca modernă suntem afectați de conştiința mortalității, chiar dacă nu ne dăm seama. Într-un astfel de experiment, unor judecători din Arizona li s-a dat sarcina să propună o amendă inculpaților acuzați de un delict. În instrucțiunile scrise primite de judecători, care includeau un chestionar standard privind profilul

personalității, la jumătate dintre ei li s-au pus două întrebări suplimentare care presupuneau reflecția asupra propriei mortalități (de exemplu: „Ce emoții îți provoacă gândul propriei tale morți?“). Cercetătorii au anticipat că, deoarece legislația face parte din efortul concertat al societății de a-şi impune controlul asupra unei realități altminteri anarhice – oferind un bastion împotriva pericolelor care pândesc imediat dincolo de granițele civilizației –, acei judecători cărora li se reamintise pericolul ultim, propriul lor deces, vor aplica statutele legale cu mai multă fermitate. Predicțiile au fost corecte. Dar chiar şi cercetătorilor li s-a părut remarcabilă disparitatea dintre amenzile recomandate de cele două grupuri de judecători. În medie, amenzile propuse de judecătorii cărora li s-a reamintit mortalitatea erau de *nouă* ori mai mari decât ale grupului de control.[22]

Aşa cum subliniază cercetătorii, dacă nişte minți juridice riguros antrenate şi îmbibate de standardele unei obiectivități imparțiale pot fi atât de afectate de o mică lumină conştientă suplimentară aruncată asupra mortalității, trebuie să ne gândim de două ori înainte de a respinge o influență similară, dar la fel de tainică, ce acționează în fiecare dintre noi. Într-adevăr, sute de studii ulterioare (variind subiectul, țara de origine, sarcina propusă, maniera în care e stimulată conştiința mortalității etc.) au demonstrat că asemenea influențe pot fi măsurate şi se manifestă pe scară largă, de la cabina de vot la prejudecata xenofobă, expresia creativă şi afilierea religioasă.[23] Becker a susținut, iar aceste studii o confirmă, că cultura a evoluat în parte pentru a atenua efectele potențial debilitante care altfel ar însoți conştiința mortalității. Din această perspectivă, dacă desconsideri o asemenea

posibilitate este deoarece cultura îşi face datoria.

Pascal Boyer, cu care am început discuția despre rădăcinile evolutive ale religiei, respinge acest rol al religiei, observând că „o lume religioasă e adesea la fel de terifiantă ca o lume fără prezențe supranaturale, iar multe religii creează nu atât siguranță, cât o perdea groasă de pesimism“.[24] Dar, în loc să zgâlțâie un sac cu oase, în spiritul spuselor lui Becker, şi departe de a arunca umbre întunecate asupra adepților săi devotați, ca în viziunea lui Boyer, sensibilitatea religioasă a putut oferi un beneficiu mai modest unui pacient mai puțin demoralizat. Poate că vechile activități religioase au aruncat o lumină mai blândă asupra morții şi au plasat experiența cotidiană într-o narațiune mai durabilă – consecință benefică a experienței religioase despre care William James a spus că oferă „o promisiune de siguranță şi o fire paşnică“, insuflând totodată „un nou avânt care se adaugă vieții asemenea unui dar şi ia forma fascinației lirice sau a atracției pentru fervoare şi eroism“.[25]

Evident, încă nu există un consens în privința originilor religiei, nici a persistenței sale tenace. Şi nu din lipsă de idei: atribut al creierului dobândit prin selecție naturală, promovarea coeziunii grupului, calmarea anxietății existențiale, protejarea reputațiilor şi a ocaziilor de reproducere. Poate că datele istorice nu sunt de ajuns pentru a ajunge vreodată la o soluție definitivă; poate că religia joacă roluri prea variate pentru a fi subsumate unor explicații atotcuprinzătoare. Eu cred în relevanța religiei pentru singulara noastră recunoaştere a finitudinii vieții; Stephen Jay Gould spunea: „Un creier mare ne-a permis să aflăm […] inevitabilitatea mortalității noastre personale“[26] şi „întreaga religie a început cu conştientizarea

morții“.[27] Dacă ulterior religia s-a impus fiindcă a transformat acea conştiință într-un avantaj adaptiv este o cu totul altă problemă.

Minunata ordine a creierului îi permite să genereze din plin gânduri şi acțiuni, unele în legătură directă cu supraviețuirea, altele nu. Într-adevăr, această capacitate, repertoriul nostru comportamental extins, oferă baza pentru diversitatea libertății umane despre care am discutat în capitolul 5. E incontestabil că prin intermediul acestor acțiuni am păstrat statornic religia cu noi, dezvoltând-o de-a lungul mileniilor în instituții a căror influență se extinde asupra întregii planete.

O schiță a rădăcinilor religiei

În primul mileniu î.Cr., în India, China şi Iudeea, gânditori perseverenți şi inventivi au reexaminat vechile mituri şi moduri de a fi, determinând între alte evoluții ceea ce filozoful Karl Jaspers a numit „începuturile religiilor universale, pe care ființele umane le urmează şi în prezent“.[28] Savanții dezbat gradul de înrudire între evoluțiile acestea atât de îndepărtate unele de altele, dar sunt de acord în privința rezultatului. Sistemele religioase au devenit tot mai organizate pe măsură ce adepții lor au elaborat narațiuni, au acumulat cunoştințe şi au sintetizat directive care, primite prin mijlocirea unor profeți unşi şi transmise oral din generație în generație, au dobândit pecetea sacrului. Există, firește, o mare diversitate în conținutul textelor rezultate, dar ele au în comun fascinația pentru aceleaşi întrebări care ne călăuzesc explorarea în paginile de față: De unde am venit? Şi unde mergem?

Printre cele mai vechi texte scrise care au

supraviețuit sunt Vedele; compuse în sanscrită pe subcontinentul indian, unele părți ale lor datează încă de pe la 1500 î.Cr. Împreună cu Upanişadele, un bogat corpus de comentarii scrise probabil după secolul VIII î.Cr., Vedele sunt o colecție voluminoasă de versuri, mantre şi proză care constituie textele sacre a ceea ce va deveni religia hinduistă – practicată în prezent de unul din şapte locuitori ai Pământului, aproximativ 1,1 miliarde de oameni. Am avut o experiență personală cu aceste scrieri înainte să fi împlinit zece ani.

Era la finele anilor 1960. Cuvintele pace, iubire şi Vietnam pluteau în aer când tatăl meu, sora mea şi cu mine ne plimbam într-o zi însorită prin Central Park. Ne-am oprit la Naumburg Bandshell, la câțiva paşi de Aleea Poeților, unde o mare adunare a devoților cultului Hare Krişna băteau în tobe, cântau şi dansau cu însuflețire. Un adept, cu ochii ieşiți din orbite şiroind de lacrimi, exprima o comuniune astrală pătimaşă, legănându-se ritmic în timp ce privea intens soarele. Şocant, cel puțin pentru mine, am realizat brusc că unul dintre toboşari, înveşmântat cu o robă largă şi ras pe cap cu excepția unui singur smoc în creştet, era fratele meu. Crezusem că era plecat la facultate. Se pare că acea plimbare a fost modul prin care tatăl meu a vrut să ne prezinte noua direcție pe care o luase viața fratelui meu.

În deceniile următoare, comunicarea cu fratele meu a fost sporadică, dar la fiecare întâlnire Vedele s-au aflat fie în centrul discuției, fie pe aproape. E greu de spus dacă interesul meu a fost stârnit de aceste întâlniri sau de conversațiile s-au înfiripat firesc între frați care abordau probleme similare din perspective diferite. A fost cu siguranță rodnic să învăț despre reflecții străvechi şi pentru mine

nefamiliare asupra originilor cosmice: „Nu era pe atunci nici nonexistență, nici existență; nu era nici tărâmul spațiului, nici cerul de dincolo de el. Ce s-a urnit? Unde? Sub a cui protecție? Să fi fost ape insondabil de adânci? Nu era pe atunci nici moarte, nici nemurire. Nu era nici un semn care să distingă noaptea de zi. Doar Unul respira, fără suflu, prin propriul său impuls. În afară de asta, nimic altceva nu mai era.“[29] Am fost impresionat de universalitatea nevoii umane de a simți ritmurile realității. Dar pentru fratele meu Vedele erau mai mult decât atât. Ele ofereau o viziune mai grandioasă asupra cosmologiei pe care eu o studiam cu ajutorul matematicii. Ca poezie, cuvintele surprind cu iscusință enigma unui început al începutului. Ca metaforă, ele vorbesc despre natura paradoxală a unui timp dinaintea timpului. Ca meditație, poate o imersiune comună în jurul unui foc care trosneşte, învăluiți de copleşitoarea, dar profund misterioasa boltă a cerului, neagră ca cerneala şi înțesată de stele, versurile transmit aparentul paradox al existenței unui univers. Dar vechile imnuri şi versete, poveşti pline de imaginație despre Puruşa cel cu o mie de capete care a fost dezmembrat pentru a fi create Soarele, Pământul şi Luna, precum şi multe alte sacrificii evocatoare şi înălțătoare, nu explică originea universului. Cuvintele reflectă modul în care mințile noastre acordate pentru supraviețuire, mereu în căutare de tipare şi dornice de explicații, elaborează o poveste însuflețită care să ofere viețuirii un cadru simbolic – cum am luat ființă, cum trebuie să ne purtăm, consecințele acțiunilor noastre, natura vieții şi a morții. Ce mi-a devenit clar prin aceste contacte fraterne sporadice este că Vedele caută ceva stabil, un anume tip de calitate imuabilă aflată la baza

nisipurilor mişcătoare ale realității familiare. Este o descriere pe care eu, şi mulți dintre colegii mei, am folosi-o bucuroşi pentru a caracteriza sarcina fizicii fundamentale. Cele două discipline au în comun dorința arzătoare de a vedea dincolo de aparențele accesibile experienței de zi cu zi. Însă natura explicațiilor pe care fiecare dintre ele le consideră capabile să îndeplinească această sarcină e complet diferită.

La mijlocul secolului VI î.Cr., Siddhārtha Gautama, un prinț născut în actualul Nepal şi care crescuse studiind Vedele, a fost şocat de discrepanța dintre viața de lux ce-i fusese hărăzită şi suferințele îndurate de aceia care duceau o existență obişnuită. După cum spune faimoasa poveste, Gautama a decis să renunțe la privilegiile sale şi să străbată lumea în căutarea unui mod de a uşura suferința umană. Cunoaşterea dobândită, dezvoltată şi răspândită de adepții săi în mare măsură după moartea lui, constituie budismul, o religie practicată în prezent de unul din doisprezece locuitori ai Pământului, aproximativ o jumătate de miliard de oameni. Odată cu răspândirea gândirii budiste, au apărut numeroase secte, dar toate au în comun credința că percepția e o călăuză iluzorie către realitate. Există însuşiri ale lumii ce pot părea stabile, dar adevărul e că toate lucrurile se schimbă neîncetat. Abătându-se de la originile sale vedice, budismul neagă existența unui substrat imuabil aflat la baza existenței şi atribuie rădăcinile suferinței umane eşecului de a recunoaşte nepermanența tuturor lucrurilor. Învățăturile lui Buddha conturează un mod de viață care promite o viziune nefardată, percepută mai clar, a adevărului; şi, la fel ca în cazul Vedelor, calea către o asemenea iluminare implică o serie de renaşteri, scopul fiind de a pune capăt ciclului de reîncarnări prin atingerea

unei stări de beatitudine eternă aflată dincolo de dorință, dincolo de suferință şi dincolo de propriul sine. Dacă imaginile anterioare ale omenirii despre tărâmuri unde viața continua dincolo de lumea aceasta au fost o manevră mentală remarcabilă pentru a aborda enigma mortalității, pozițiile hinduistă şi budistă sunt încă şi mai remarcabile. Moartea e reimaginată ca un nou început într-un proces ciclic al cărui scop este eliberarea ultimă şi permanentă de viața însăşi. Finalul ciclurilor, odată atins, conduce la un domeniu unde noțiunea de existență distinctă dispare. Nepermanența noastră devine un rit de trecere sacru pe drumul către atemporal.

Deoarece hinduismul şi budismul caută o realitate aflată dincolo de iluziile percepției cotidiene, caracterizare aplicabilă şi multora dintre cele mai surprinzătoare progrese ale ştiinței din ultima sută de ani, o mică industrie a produs articole, cărți şi filme ce-şi propun să stabilească legături cu fizica modernă. Deşi putem găsi similitudini de perspectivă şi limbaj, n-am întâlnit niciodată mai mult decât o rezonanță metaforică între idei distincte interpretate vag. Descrierile fizicii moderne din lucrări de popularizare, ale mele şi ale altora, de regulă suprimă matematica în favoarea unor expuneri mai accesibile, dar ştiința e ferm ancorată în matematică. Oricât de îngrijit alese şi cizelate, cuvintele sunt doar o traducere a ecuațiilor. Invocarea unei asemenea traduceri ca bază pentru contactul cu alte discipline nu va depăşi aproape niciodată nivelul unei alianțe poetice.

Această opinie e în consonanță cu cel puțin o parte dintre vocile preeminente ale disciplinelor spirituale. În urmă cu câțiva ani am fost invitat să particip la un forum public cu Dalai Lama. În timpul

discuției, am remarcat proliferarea cărților explicând modul cum fizica modernă reia descoperiri făcute în Orientul Îndepărtat cu mii de ani în urmă, şi l-am întrebat pe Dalai Lama dacă consideră valide aceste afirmații. Răspunsul său sincer şi direct mi-a lăsat o impresie puternică: „În privința conştiinței, budismul are ceva important de spus. Dar când e vorba de realitatea materială, trebuie să privim la voi şi la colegii voştri. Voi sunteți cei care pătrundeți mai adânc.“[30] Îmi amintesc că m-am gândit atunci cât de minunat ar fi ca liderii religioşi şi spirituali din întreaga lume să urmeze exemplul acesta simplu, curajos şi onest.

Cam în aceeaşi perioadă în care Buddha peregrina prin India, poporul evreu din regatul Iudeei a fost învins de babilonieni şi forțat să plece în exil. În efortul de a-şi codifica identitatea, conducătorii evrei au adunat relatări scrise disparate şi au supervizat transcrierea istoriilor orale, producând primele versiuni ale Bibliei ebraice – un document care va continua să evolueze şi va deveni un text sacru al religiilor avraamice, practicate acum de mai mult de jumătate din locuitorii Pământului, aproximativ patru miliarde de oameni.[31] Dumnezeul iudaismului, creştinismului şi islamului este creatorul unic, atotputernic, atoateştiutor şi omniprezent a tot ce există – un concept care pentru numeroşi oameni din întreaga lume e imaginea dominantă pe care o invocă în discuțiile, seculare sau sacre, despre religie.

Vechiul Testament spune propria sa poveste bine-cunoscută despre origini. De fapt, spune două asemenea poveşti. Prima durează şase zile, începe cu formarea cerului şi a pământului şi se încheie cu crearea bărbatului şi a femeii; a doua ocupă o singură zi, mai întâi fiind creat bărbatul; femeia

intră în scenă în timpul primei sale sieste. Generațiile se succedă cu repeziciune, dar, în privința locului unde merg protagoniştii după moarte, Vechiul Testament păstrează tăcerea. Cu excepția a două scurte referiri la înviere, nu există nici o promisiune a unei vieți de apoi. Ulterior, mistici şi exegeți evrei au elaborat numeroase idei implicând suflete nemuritoare în aşteptarea unei alte lumi, dar nu există o unică interpretare care să reconcilieze mulțimea de surse şi comentarii. Acea incertitudine va dispărea o jumătate de mileniu mai târziu, când creştinismul a elaborat o doctrină teologică despre suflete eterne care-şi păstrează identitatea mult după trecerea timpului lor pe pământ. După încă o jumătate de mileniu, islamul va introduce propriul său corpus extensiv de credințe abordând teme similare, alăturându-se creştinismului în venerația pentru o zi a judecății care se apropie, când morții vor fi resuscitați, iar cei considerați vrednici vor primi răsplată veşnică în ceruri, pe când ceilalți vor suferi osânda veşnică.

Cele câteva religii pe care le-am examinat succint sunt urmate în total de mai mult de trei sferturi dintre locuitorii planetei Pământ. Cu miliarde de aderenți, natura şi stilul angajamentului religios variază considerabil, iar dacă includem şi cele peste patru mii de religii mai mici practicate în prezent în întreaga lume, spectrul angajamentelor şi detaliile conținutului doctrinar se extind şi mai mult. Dar chiar şi aşa există însuşiri comune, ca de pildă personaje eminente care au văzut mai departe sau au avut acces la poveşti care-şi propun să explice cum a început totul, cum se va sfârşi, unde vom merge cu toții şi care e cea mai bună cale pentru a ajunge acolo. Încă şi mai profundă este o aşteptare predominantă că aderenții vor adopta o mentalitate

sacră. Lumea e plină de poveşti care ne pot influența modul de viață. Lumea e plină de aserțiuni care ne pot călăuzi comportamentul. Acele poveşti şi aserțiuni care sunt reunite într-o doctrină religioasă se ridică deasupra altora, fiindcă în mintea credincioşilor ele suscită un anumit tip de *credință*.

Imboldul de a crede

În urmă cu câțiva ani, pe când mă aflam în ultimele zile haotice ale unui proiect acaparant, am primit invitația să țin discursul principal la o adunare în statul Washington. Neatent, am acceptat invitația fără să mă informez suficient în privința organizației. Câteva luni mai târziu, când se apropia ziua conferinței, mi-am dat seama că eram programat să vorbesc la Şcoala Iluminării a lui Ramtha, o organizație condusă de Judy Zebra Knight, care pretinde că serveşte drept medium pentru Ramtha, un războinic de acum treizeci şi cinci de mii de ani, originar din tărâmul pierdut Lemuria (care, după câte se pare, era deseori în război cu tărâmul pierdut Atlantida). O căutare rapidă a furnizat videoclipuri revelatoare, inclusiv unul dintr-un vechi episod din *The Merv Griffin Show*, în care Knight îşi lasă capul pe spate, îl repede înainte, intră în transă, coboară vocea, adoptă un stil de a vorbi intermediar între Yoda şi regina Angliei şi, ar vrea ea să credem, îl întrupează pe înțeleptul lemurian. Privind peste umărul meu, fetița mea a încercat să nu chicotească. N-a reuşit. Şi pe mine m-ar fi pufnit râsul dacă nu aş fi fost mortificat că acceptasem invitația. Dar era ziua dinaintea expunerii, deci prea târziu pentru a mă retrage cu eleganță.

Când am sosit, prima întâlnire a fost cu câteva

sute de oameni legați la ochi, cu brațele întinse, umblând de colo-colo pe un vast gazon împrejmuit. Ghidul meu mi-a explicat că fiecare avea agățat un cartonaş pe care scrisese visul vieții sale, iar exercițiul consta în a „simți“ drumul spre un cartonaş identic ce fusese plantat undeva pe câmp. El a comentat că reuşita e un pas esențial către împlinirea visului. „Şi cum merg lucrurile?“ am întrebat eu. „O, minunat. Deja în şedința aceasta o participantă şi-a găsit cartonaşul pereche.“ Au urmat apoi arcaşii legați la ochi. Am păstrat o distanță sigură şi am refuzat rugămințile de a participa, mai ales după ce am observat că un fotograf se alăturase discret grupului. Arcaşii legați la ochi au avut cam la fel de mult succes ca şi căutătorii legați la ochi. În sfârşit, mi s-a alăturat o femeie tânără, în vârstă de vreo douăzeci sau treizeci de ani, al cărei talent telepatic îi permitea să numească la rând cărțile de joc dintr-un pachet amestecat. „Şapte de caro“, prezise ea. „La naiba, e şase de treflă. Dar am greşit doar cu unu. Nouă de pică. Oh, e trei de caro. Aha, aici e caroul acela.“ Şi a continuat tot aşa. Mi-a spus că exersează multe ore pe zi, dar ştie că trebuie să se antreneze mai intens.

Pentru cei adunați în jurul nostru, iar mai târziu în timpul prelegerii, nu m-am putut abține să nu fac câteva observații de principiu, dintre care la multe m-am referit în paginile acestea. Am explicat că suntem o specie care priveşte lumea şi caută tipare. Iar de cele mai multe ori acesta e un lucru bun. De-a lungul multor generații, selecția naturală ne-a echipat pentru a identifica tipare în modul în care oamenii şi obiectele arată şi se mişcă, permițându-ne să le identificăm rapid cu numai câteva indicii vizuale. Detectăm tipare în comportamentul animalelor, permițându-ne să anticipăm când ne

putem apropia în siguranță şi când e mai bine să schimbăm direcția. Vedem tipare în felul cum zboară obiectele, de la pietre la sulițe, atunci când sunt aruncate, o aptitudine deosebit de utilă strămoşilor noştri când încercau să-şi asigure hrana. Prin tipare ne dezvoltăm mijloacele de a comunica, iar astfel ne reunim în grupuri – de la triburi la națiuni – care exercită cele mai puternice influențe în lume. Pe scurt, capacitatea de a recunoaşte tipare ne asigură supraviețuirea. Dar, am continuat eu, uneori întrecem măsura. Uneori, detectorii noştri de tipare selectați în mod natural sunt atât de predispuşi şi de pregătiți să anunțe găsirea unui semnal, încât văd tipare şi imaginează corelații care nu există. Uneori atribuim semnificație unor lucruri care nu au nici o semnificație. Din matematica elementară ştim că, în medie, o dată din patru vei ghici corect culoarea unei cărți de joc, iar o dată din treisprezece îi vei ghici numărul. Dar tiparul acesta nu dezvăluie nici o capacitate telepatică. Din an în paşte – de fapt, mai rar – vei umbla la întâmplare pe câmp şi vei găsi cartonaşul pereche, dar asta n-are nici o legătură cu împlinirea visurilor. Cât de des, am întrebat eu, observați că o coincidență remarcabilă *nu* s-a produs?

Publicul, îngrămădit acum într-un hambar cavernos, aproba cu entuziasm. Mulți s-au ridicat în picioare să aplaude, ceea ce, după cum le-am spus celor adunați, era de apreciat, dar mă punea în încurcătură. Vă spun că abordarea voastră pentru a găsi o realitate mai profundă şi metodele pe care le utilizați nu duc nicăieri. Alte ovații.

Mai târziu, la semnarea cărții, câțiva participanți, vorbind *sotto voce*, mi-au oferit explicații. „Mulți dintre noi nu credem mare parte din ce se petrece aici, şi e important ca s-o spună cineva răspicat. Dar

simțim că mai există şi *altceva*, şi venim la şcoală fiindcă avem nevoie să fim în preajma altora care au acelaşi imbold de a căuta un adevăr mai profund.“ Sunt de acord. Înțeleg imboldul. Istoria fizicii e o colecție de episoade în care explorări matematice şi experimentale eroice au revelat iar şi iar că mai *există* şi altceva, ceva straniu şi minunat care ne obligă să retuşăm imaginea realității. Avem toate motivele să credem că, în pofida capacității sale de a explica o mulțime de date cu o stranie precizie, înțelegerea noastră actuală e provizorie, de aceea noi, fizicienii, anticipăm că pe măsură ce avansăm acest ritm al revizuirii se va repeta de multe ori. Totuşi, în urma unor secole de eforturi, ne-am rafinat instrumentele de investigație, iar acestea sunt metodele matematice şi experimentale care constituie corpusul riguros al practicii ştiințifice. Acestea sunt metodele pe care le transmitem studenților noştri şi colegilor din cercetare. Acestea sunt metodele care şi-au dovedit capacitatea de a ne conduce spre trăsăturile ascunse ale realității.

Sunt receptiv la afirmațiile neconvenționale. Dacă datele colectate în experimente proiectate cu grijă şi repetabile care investighează, să zicem, capacitatea de a simți cărțile de joc ascunse într-un pachet ar dezvălui o rată a succesului peste cea dictată de hazard, sau dacă date substanțiale ar stabili că un membru al speciei noastre a putut media legătura cu un vechi înțelept dintr-un tărâm de mult pierdut, aş fi interesat. Extraordinar de interesat. Dar, în absența unor asemenea date, în absența oricărui motiv de a anticipa apariția unor asemenea date şi în absența oricărui argument care să explice de ce asemenea pretenții nu sunt în totală contradicție cu tot ce ştim în mod demonstrabil despre funcționarea realității, ajungem repede la

concluzia că nu există nici o bază pentru a crede în aceste afirmații.

Ceea ce conduce la întrebarea: Există vreo bază pentru a crede într-o ființă atotputernică, invizibilă, care a creat universul, ascultă rugăciunile noastre şi răspunde la ele, urmăreşte ce spunem şi facem şi împarte recompense şi pedepse? Pentru formularea unui răspuns merită să examinăm mai în detaliu conceptul de credință.

Credință, încredere şi valoare

Aproape toți cei care mă întreabă despre credința mea în Dumnezeu invocă cuvântul „credință“ ca şi cum m-ar întreba despre credința mea în mecanica cuantică. De fapt, cele două întrebări mi se pun adesea în tandem. Tind să formulez răspunsul în termeni de încredere – o măsură a siguranței –, observând că încrederea mea în mecanica cuantică e mare, fiindcă teoria prezice corect trăsături ale lumii, cum ar fi momentul magnetic dipolar al electronului, cu o precizie mai mare de nouă zecimale, în timp ce încrederea mea în existența lui Dumnezeu e redusă, din cauza insuficienței unor date riguroase care s-o susțină. Încrederea, aşa cum ilustrează aceste exemple, apare din evaluarea obiectivă, esențialmente algoritmică, a dovezilor.

Într-adevăr, atunci când fizicienii analizează datele şi anunță un rezultat, ei îşi cuantifică încrederea folosind proceduri matematice bine stabilite. Cuvântul „descoperire“ e în general folosit numai atunci când încrederea depăşeşte un anumit prag matematic: probabilitatea de a fi indus în eroare de o fluctuație statistică în date trebuie să fie mai mică de unu la 3,5 milioane (un număr ce pare arbitrar, dar care apare în mod natural în analizele

statistice). Fireşte, nici chiar nivelurile atât de înalte de încredere nu garantează că o „descoperire“ e adevărată. Datele din experimente ulterioare ne pot obliga să ne revizuim încrederea; şi în acest caz matematica oferă un algoritm pentru calculul actualizării.

Deşi puțini dintre noi trăiesc conform unor asemenea metode matematice, ajungem la multe dintre credințele noastre prin raționamente similare, chiar dacă nu atât de fățiş analitice. Îi vedem pe Jack şi Jill împreună, şi ne întrebăm dacă ei formează un cuplu; îi vedem împreună în repetate rânduri, iar încrederea noastră în această concluzie creşte. Mai târziu, aflăm că sunt frate şi soră, aşa încât renunțăm la opinia anterioară. Şi aşa mai departe. E un proces iterativ despre care s-ar putea anticipa că converge în credințe care reflectă adevărata natură a lumii. Dar nu e neapărat aşa. Evoluția nu a configurat procesele noastre cerebrale pentru a forma credințe care corespund realității. Ea le-a configurat pentru a favoriza credințe care generează comportamente ce promovează supraviețuirea. Iar cele două considerente nu coincid neapărat. Dacă strămoşii noştri ar fi investigat cu grijă orice foşnet şi murmur care le atrăgea atenția, ei ar fi constatat că majoritatea puteau fi explicate fără a invoca un agent volitiv. Dar, din punctul de vedere al eficienței adaptive, investiția lor împovărătoare în căutarea adevărului le-ar fi adus puține avantaje. De-a lungul a zeci de mii de generații, creierele noastre au renunțat la o mai mare exactitate în schimbul unei înțelegeri aproximative şi rapide. Deseori reacțiile prompte învinge evaluările îndelung chibzuite. Veracitatea e un personaj important în drama credinței, dar e lesne surclasată de supraviețuire şi reproducere.

Pentru a complica şi mai mult intriga, evoluția a mai adăugat un personaj în distribuție: emoțiile. În 1872, la peste doisprezece ani după ce anunțase evoluția prin selecție naturală, Darwin a publicat *Exprimarea emoțiilor la oameni şi animale*, în care explora convingerea sa că creierul adaptat biologic, iar nu cultura, e principalul motor al expresiei emoționale. Bazându-se pe observarea atentă a copiilor săi, pe chestionare difuzate pe scară largă şi pe date provenind din diverse culturi pe care le-a adunat în timpul lungilor sale expediții, Darwin a argumentat că, de exemplu, tendința de a zâmbi când ne bucurăm sau de a roşi când ne simțim jenați e universală. Putem conta pe aceleaşi reacții în toate culturile lumii. În secolul şi jumătate care a trecut de atunci, cercetătorii au urmat direcția indicată de Darwin, au căutat rolurile adaptive capabile să explice diversele emoții umane şi au investigat sistemele neurale ce ar putea fi responsabile pentru generarea lor. Frica, au arătat cercetările, este într-adevăr primordială – de la bun început, reacțiile comportamentale şi fiziologice rapide la pericol au avut o valoare de adaptare semnificativă. Iubirea părintească, îndemnând la acordarea îngrijirilor esențiale pentru o progenitură neajutorată, probabil că e tot o adaptare ancestrală. Jena, vinovăția şi ruşinea, deosebit de relevante pentru comportamentul adecvat în grupurile numeroase, sunt adaptări care probabil au survenit ulterior, odată cu creşterea dimensiunii grupului.[32] Relevant în cazul de față e faptul că presiunea adaptivă a modelat bogatele noastre capacități emoționale la fel cum a modelat mintea umană care posedă limbaj, povesteşte, făureşte mituri, practică ritualuri, creează artă şi e preocupată de ştiință. Emoția a fost amestecată în întreaga noastră dezvoltare evolutivă.

Credințele au apărut aşadar dintr-un calcul complex care sintetiza analizele raționale şi reacțiile emoționale într-o minte ce dobândea talentul pentru supraviețuire.[33]

Calculul credinței depinde de asemenea de o mulțime de factori incluzând influențe sociale, forțe politice şi simple oportunități. În primii ani ai vieții, credința e puternic influențată de autoritatea parentală. Mămica sau tăticu spun că e adevărat? Atunci e adevărat. Aşa cum a observat Richard Dawkins, selecția naturală îi favorizează pe părinții care transmit copiilor informații ce sporesc şansele de supraviețuire, aşa încât a crede ce spune mămica sau tăticu are sens din perspectiva evoluției. Mai târziu, mulți inițiază propriul lor calcul al credinței – investigând, discutând, citind şi punând la îndoială – care adesea este el însuşi influențat de aşteptări preexistente şi expunerea la credințele altora. Cei mai mulți dintre noi extind de asemenea lista autorităților considerate demne de încredere – profesori, lideri, prieteni, oficialități şi alți experți recunoscuți. E necesar. Nimeni nu poate să redescopere, sau măcar să verifice, cunoştințele acumulate în mii de ani. Am avut odată un vis, de fapt un coşmar, în care îmi susțineam din nou teza de doctorat, iar examinatorul, chicotind pe înfundate, mi-a spus că toate experimentele şi observațiile care susțin „legile“ fizicii cuantice fuseseră născocite. Eram victima unei farse bine puse la punct, fiind indus în eroare de un panteon de autorități pe care le respectam şi o comunitate de colegi în care aveam încredere. Oricât de neverosimil ar fi scenariul visului, adevărul este că eu n-am verificat personal decât o fracțiune minusculă din experimentele esențiale ale disciplinei. Se poate spune că majoritatea

rezultatelor le-am acceptat pe bază de încredere.

Încrederea mea derivă din decenii de experiență nemijlocită, în care am văzut cum fizicienii minimizează subiectivitatea umană concentrându-se asupra unor date acumulate cu migală, chestionând în permanență ipotezele şi păstrându-le doar pe cele care îndeplinesc un set riguros de standarde universale. Dar, chiar şi cu o astfel de atenție asiduă, contingența istorică şi prejudecățile umane provocate de emoții găsesc căi pentru a se strecura. Una dintre abordările dominante ale mecanicii cuantice (numită *interpretarea şcolii de la Copenhaga*) poate fi atribuită în parte personalităților puternice care au marcat începuturile teoriei. Pentru o discuție, cititorul poate consulta o altă carte a mea, *The Hidden Reality*, dar bănuiesc că, dacă mecanica cuantică ar fi fost elaborată de un alt grup de personalități, ştiința formală ar arăta la fel, însă această perspectivă interpretativă nu s-ar fi bucurat de aceeaşi poziție dominantă timp de atâtea decenii. Frumusețea ştiinței este că, prin continuitatea cercetării, doctrinele unei epoci sunt atent regândite în epoca următoare, apropiindu-le astfel treptat de scopul adevărului obiectiv. Dar chiar şi într-o disciplină concepută pentru obiectivitate e nevoie de un proces. Şi e nevoie de timp.

Nu-i de mirare că pe tărâmul haotic, dezordonat, încărcat emoțional al acțiunilor umane cotidiene spectrul credințelor e larg şi imaginativ, deşi uneori derutant şi frustrant. În formarea credințelor, unii apelează la ştiință, atât pentru conținut, cât şi pentru strategie. Unii se bizuie pe autoritate, alții pe comunitate. Unii sunt constrânşi, uneori subtil, alteori fățiş. Unii îşi pun toată încrederea în tradiție. Alții acordă jurisdicție deplină intuiției. Iar în centrii

de procesare subterani ai minții, în general nemonitorizați, fiecare dintre noi foloseşte o combinație idiosincratică şi extrem de variabilă între toate aceste tactici. Mai mult, nimic nu ne împiedică să avem credințe incompatibile sau să întreprindem acțiuni care sugerează că avem. Nu mă sfiesc să recunosc că din când în când bat în lemn, vorbesc cu defuncții sau caut sprijin ceresc. Nimic din toate acestea nu se potriveşte cu credințele mele raționale despre lume, şi totuşi sunt pe deplin împăcat cu ocazionalele mele tendințe apotropaice. De fapt, există o anumită delectare în aceste scurte transgresiuni ale rigorilor rațiunii.

Să reținem de asemenea că în timp ce filozofii de profesie sunt plătiți să examineze amănunțit credința – pentru a dezvălui supozițiii ascunse şi a atrage atenția asupra unor inferențe greşite – acest lucru nu e valabil pentru cei mai mulți dintre noi acum, nici pentru strămoşii noştri atunci. Multe credințe din viața majorității oamenilor rămân neexaminate. Poate că aceasta e o varietate distinctă de adaptare. Delăsătorii tind să nu bage de seamă că rezerva de alimente e pe sfârşite sau că o tarantulă se apropie pe furiş. Ceea ce înseamnă că atunci când evaluăm de ce cutare sau cutare crede una sau alta, ar fi o greşeală gravă să ne imaginăm că credința e rezultatul unei reflecții intense şi al unei examinări critice minuțioase. După cum subliniază Boyer, „Presupunem că ideile despre agenți supranaturali […] sunt prezentate minții, iar un anumit proces decizional le acceptă ca valabile sau le respinge“. Dar, fiindcă aceste idei stimulează mulți dintre centrii inferențiali ai creierului – de la detectarea agenților la teoria minții, urmărirea relațiilor etc. – şi fiindcă selecția naturală a echipat aceşti centri pentru a efectua propriile diagnoze mult sub pragul

conştient, modelul judecătorului rațional şi al juriului „ar putea fi o concepție destul de distorsionată despre modul în care sunt dobândite şi reprezentate asemenea concepte“.[34]

Chiar şi lucrurile cărora li se poate aplica în mod rezonabil conceptul de credință se schimbă de la o epocă la alta. Aşa cum observă Karen Armstrong, pe cei care săvârşeau riturile anticelor mistere eleusine „i-ar fi nedumerit întrebarea dacă cred că Persefona a coborât cu adevărat sub pământ, în modul descris de mit“.[35] Ar fi ca şi cum cineva te-ar întreba dacă crezi în iarnă. „Să cred în iarnă?“ ai putea răspunde pe bună dreptate. „Anotimpurile, păi ele există pur şi simplu.“ În mod similar, presupune Armstrong, strămoşii noştri au acceptat călătoriile Persefonei „fiindcă oriunde priveai vedeai că viața şi moartea sunt inseparabile, şi că pământul a murit şi a revenit la viață. Moartea a fost teribilă, înfricoşătoare şi inevitabilă, dar n-a fost sfârşitul. Dacă tai o plantă şi arunci ramura moartă, va creşte un lăstar nou“.[36] Mitul nu cerea să fie crezut, nu provoca o criză de credință rezolvată prin deliberări asidue. Mitul oferea o schemă poetică, un cadru mental metaforic inseparabil de realitatea pe care o ilumina.

Poate că există o analogie şi cu ceea ce se întâmplă în evoluția pe termen lung a limbilor naturale.[37] În strădania lor de a sublinia şi a se exprima inventiv, vorbitorii îşi presară propozițiile cu o metaforă după alta. Şi eu tocmai am făcut-o, dar aproape sigur că nu ați observat. Presărăm sare pe tocană; presărăm zahăr pe produsele de patiserie. Dar presărarea invocată aici e o metaforă atât de banală, încât puțini sunt cititorii cărora fraza le evocă imaginea unei mâini care împrăştie delicat cuvinte peste un festin de propoziții proaspăt gătite. Cu timpul, metaforele ajung atât de uzitate, încât

orice calitate poetică vor fi posedat la început se evaporă treptat (apa se evaporă, nu poezia), şi ele devin caii de povară ai limbajului cotidian (caii cară poveri, nu cuvintele). Pe scurt, ele sunt luate la propriu. Poate că noțiunile mitico-religioase trec printr-un proces analog. Poate că astfel de noțiuni încep ca modalități evocatoare, poetice, metaforice de a privi lumea care, cu trecerea timpului, îşi pierd treptat poezia, îşi leapădă semnificația metaforică şi sunt luate la propriu.

Cel mai mult mă apropii de un asemenea sens propriu când recunosc că un zeu sau altul s-ar putea să existe. Admit că e o posibilitate pe care nimeni n-o va putea elimina vreodată. Atâta vreme cât presupusa influență a zeului nu modifică în nici un fel evoluția realității care e bine descrisă de legile matematice, atunci zeul acela e compatibil cu tot ce observăm. Dar este o enormă prăpastie între simpla compatibilitate şi necesitatea explicativă. Invocăm ecuațiile lui Einstein şi Schrödinger, cadrul evoluționist al lui Darwin şi Wallace, spirala dublă a lui Watson şi Crick şi o lungă listă de alte realizări ştiințifice nu fiindcă sunt compatibile cu observațiile noastre, cum fireşte că sunt, ci fiindcă oferă o structură explicativă puternică, detaliată şi predictivă pentru înțelegerea observațiilor. Conform acestui criteriu, doctrinele religioase nu intră în discuție; bineînțeles că mulți credincioşi nu consideră relevant acest criteriu. Problema este că, dacă luăm lucrurile la propriu, acea evaluare nu e cu putință. O aserțiune religioasă interpretată la propriu ca o afirmație despre lume şi care contravine legii ştiințifice stabilite e falsă. Punct. În asemenea cazuri, a adopta o interpretare la propriu echivalează cu a accepta existența lui Ramtha.

Doctrina religioasă (sau chiar cea despre Ramtha)

poate însă rămâne în limitele discursului raţional dacă suntem dispuşi să renunţăm s-o luăm la propriu şi acceptăm să citim selectiv scripturile, omiţând elementele care ni se par ofensatoare sau depăşite, să interpretăm poveştile şi afirmaţiile la modul poetic sau simbolic sau, şi mai simplu, ca elemente ale unei naraţiuni fictive. Sunt multe motive de a proceda astfel. Am putea găsi bucurie sau alinare văzând că viaţile noastre decurg în cadrul unei naraţiuni mai vaste şi, pentru unii, mai satisfăcătoare, acordând puţină atenţie calităţilor supranaturale sau afirmaţiilor metafizice ale religiei. Am putea avea de câştigat din lectura povestirilor religioase ca o arhivă profund emoţionantă care surprinde în mod simbolic trăsături esenţiale ale condiţiei umane. Am putea savura provocarea de a elabora un sistem interpretativ care să reconcilieze anumite doctrine religioase cu cunoaşterea ştiinţifică. Am putea găsi satisfacţie acoperind cu sensibilitate sacră interacţiunea noastră cu lumea, adăugând o poleială care intensifică experienţa fără să nege raţionalitatea. Am putea beneficia de sprijinul şi solidaritatea unei afilieri religioase. Ne-am putea îmbogăţi sufleteşte participând la ritualuri religioase, dând un caracter sacru momentelor de tranziţie ale vieţii şi marcând zilele sfinte care ne leagă de o tradiţie venerabilă. Asemenea tipuri de angajament religios pot oferi activitate, motivaţie, comunitate şi călăuzire care, pentru unii, deschid calea către o viaţă mai bogată, înzestrată cu o semnificaţie sporită. Ele nu presupun credinţa în natura factuală a conţinutului religios, ci reflectă credinţa în valoarea unui asemenea conţinut, indiferent dacă e veridic sau nu.

În urmă cu peste un secol, William James a oferit o analiză perspicace şi sinceră a experienţei

religioase, în rezonanță cu observația lui Dalai Lama privitoare la fizică şi conştiință. James a subliniat că, în vreme ce ştiința cultivă o abordare impersonală, obiectivă, numai luând în considerare lumile noastre interioare – „teroarea şi frumusețea fenomenelor, «promisiunea» răsăritului şi a curcubeului, «vocea» tunetului, «blândețea» unei ploi de vară, «sublimul» stelelor, iar nu legea fizică pe care o urmează lucrurile acestea“[38] –, putem spera să elaborăm o descriere completă a realității. La fel ca Descartes, James sublinia că experiența noastră interioară este, în fapt, *singura* noastră experiență. Ştiința poate să caute o realitate obiectivă, dar singurul nostru acces la acea realitate este prin procesarea subiectivă pe care o efectuează mintea. Mintea omenească interpretează deci în permanență o realitate obiectivă producând una subiectivă.

Din această perspectivă, dacă practica religioasă – sau poate că o denumire mai adecvată aici ar fi practică spirituală – e întreprinsă ca o explorare a lumii interioare a minții, o călătorie lăuntrică prin experiența inevitabil subiectivă a realității, atunci întrebările dacă o doctrină sau alta reflectă un adevăr obiectiv devin secundare.[39] Căutarea religioasă sau spirituală nu e necesar să urmărească aspecte demonstrabile ale lumii exterioare; există un întreg peisaj interior de explorat, de la teroarea şi frumusețea, promisiunea şi vocea, blândețea şi sublimul la care s-a referit James, la vasta listă de alte constructe umane, între care binele şi răul, veneрația şi groaza, uimirea şi gratitudinea, pe care le-am invocat de-a lungul vremurilor pentru a conferi valoare şi a găsi semnificație. Oricât de atent am examina particulele individuale ale naturii, oricât de asiduu am urmări regulile matematice fundamentale ale naturii, nu vom zări aceste

concepte. Ele apar numai atunci când anumite aranjamente complexe de particule îşi dezvoltă capacitățile de a gândi, a simți şi a reflecta. Cât de spectaculos şi cât de reconfortant e faptul că pot exista asemenea ansambluri de particule în permanentă agitație, acționând sub controlul inflexibil al legii fizice, şi totuşi capabile să aducă în lume aceste calități.

Pentru mine, analogia cu metaforele ascuțite ale limbii tocite de trecerea timpului scoate în evidență un aspect important, evident, dar grăitor: multe dintre religiile lumii sunt vechi. E un lucru esențial. El ne spune că timp de secole, dacă nu milenii, o practică religioasă a reținut atenția oamenilor, şi în diverse combinații a oferit structura ritualului, a influențat sentimentul locului lor în lume, le-a călăuzit sensibilitatea morală, a inspirat crearea unor opere de artă, a oferit participarea la narațiuni grandioase, a promis că moartea nu e sfârşitul şi, fireşte, de asemenea a intimidat cu pedepse aspre, i-a împins pe unii spre bătălii violente, a justificat înrobirea şi uciderea păcătoşilor etc. Unele lucruri bune, unele rele, unele de-a dreptul odioase. Dar, trecând prin toate, tradițiile religioase s-au perpetuat. Deşi categoric nu oferă cunoştințe despre o bază verificabilă a realității materiale – domeniul de competență al ştiinței –, religia a oferit unora dintre aderenții săi o senzație de coerență care a dat context vieții, plasând familiarul şi exoticul, bucuriile şi truda într-o poveste mai măreață. Şi, din acest motiv, religiile venerabile ale lumii oferă genealogii care-i unesc pe adepți peste secole.

Am fost crescut ca evreu. Participam cu întreaga familie la serviciile religioase de sărbătorile importante şi am fost înscris la o şcoală ebraică locală. Sosirea anuală a unor elevi noi însemna că

clasa reîncepea în fiecare an cu alfabetul ebraic, de aceea eu stăteam tăcut deoparte şi răsfoiam Vechiul Testament. Mă plângeam amarnic părinților, dar adevărul este că-mi plăcea să citesc despre Samuel, Absalom, Ismael, Iov şi toți ceilalți. Cu trecerea anilor, m-am îndepărtat de religie, simțind prea puțin nevoia unei participări formale. Atunci, în timpul unei întreruperi a studiilor mele doctorale la Oxford, am făcut o călătorie în Israel. Un rabin excesiv de zelos a prins cumva de veste că un tânăr fizician american hoinărea pe străzile din Ierusalim. I-a dat de urmă, l-a înconjurat cu cărturari talmudici care „şi ei studiau originea universului“ şi l-a convins – sau mai bine zis, l-a obligat – pe exagerat de respectuosul student de douăzeci şi ceva de ani să-i viziteze templul şi să-şi înfăşoare brațele şi fruntea cu accesoriile tradiționale de piele ale ritualului tefillin. Pentru rabin, aceasta era voința lui Dumnezeu în acțiune. Studentul era destinat să fie adus înapoi în țarc. Pentru student, era o constrângere brutală să se angajeze într-o practică sacră în absența unei convingeri interioare. Când în fine studentul şi-a desfăşurat benzile de piele şi a părăsit templul, a ştiut că terminase pentru totdeauna.

Şi totuşi, când tatăl meu a murit, sosirea zilnică în sufrageria noastră a unui minyan[22] de evrei practicanți pentru a recita rugăciunea Kaddish a fost o mare alinare. Tatăl meu, care nu fusese un om religios, era acceptat de o tradiție veche de mii de ani, având parte de un ritual ce fusese administrat la nenumărați alții înaintea lui. Cuvintele religioase pe care le psalmodiau bărbații contau prea puțin. Erau în aramaică, o colecție de sunete străvechi, o poezie tribală imprimată în cadență şi ritm, iar eu nu eram interesat de traducere. Ce conta pentru mine în acele

scurte momente – natura, dacă vreți, a credinței mele – au fost istoria şi conexiunea. Aceasta e, pentru mine, grandoarea moştenirii. Aceasta e, pentru mine, măreția religiei.

---

20. Władziu Valentino Liberace (1919–1987), pianist, cântăreț şi actor american de origine italo-poloneză, cunoscut pentru extravaganțele sale atât pe scenă, cât şi în afara ei (n. tr.).

21. „Kilroy was here“, grafitti devenit popular în timpul celui de-Al Doilea Război Mondial; reprezintă capul unui bărbat chel, cu un nas proeminent atârnând peste un zid de care se agață cu mâinile (n. tr.).

22. În iudaism, numărul minim de zece bărbați necesar pentru a alcătui o comunitate reprezentativă în scopuri liturgice (n. tr.).

8. INSTINCT ŞI CREATIVITATE

De la sacru la sublim

Pe 7 mai 1824, Ludwig van Beethoven apărea pe scenă la Theater am Kärntnertor, la Viena, pentru premiera celei de-a noua şi ultimei sale simfonii. Era prima lui apariție publică după aproape doisprezece ani. Programul anunța că Beethoven doar îl va asista pe dirijor, dar, când sala s-a umplut şi publicul aştepta nerăbdător, el nu s-a mai putut stăpâni. Joseph Böhm, primul violonist, avea să-şi amintească: „Beethoven a dirijat el însuşi sau, mai bine zis, s-a postat în fața podiumului dirijorului, aruncându-se înainte şi înapoi ca ieşit din minți. Acum stătea drept, pentru ca în momentul următor să se ghemuiască la podea, dădea din mâini şi din picioare ca şi cum ar fi vrut să cânte el însuşi la toate instrumentele şi pentru întregul cor.“[1] Beethoven suferea de o formă severă de acufenă – ceea ce el numea un vuiet în urechi – , iar la acea dată era aproape complet surd. Drept urmare, când orchestra a încheiat pe o notă triumfală, el rămăsese involuntar în urmă cu câteva măsuri şi încă mai dirija cu înverşunare. Altista l-a apucat cu blândețe de mânecă şi l-a întors cu fața către publicul care flutura batiste şi ovaționa zgomotos. Beethoven a plâns. Cum a putut el şti că sunete pe care le auzise doar în mintea lui vor atinge o coardă universală în inima omenirii?

Miturile şi religiile noastre dezvăluie felul în care au încercat, colectiv, strămoşii noştri să înțeleagă lumea. Reunind povestea, ritualul şi credința,

tradițiile noastre au căutat – uneori cu compasiune, alteori cu brutalitate – o narațiune care să explice drumul străbătut şi să ne îndemne să mergem mai departe. Ca indivizi, am păşit pe aceeaşi cale, bizuindu-ne pe instinct şi ingeniozitate, pentru a ne asigura supraviețuirea în timp ce căutam sensul şi motivul pentru care ar trebui să ne pese. În cursul călătoriei, unii vor capta coerența realității în moduri noi şi surprinzătoare, oferind reflecții prin intermediul unor lucrări de literatură, artă, muzică şi ştiință ce ne vor redefini sentimentul de sine şi ne vor îmbogăți raportul cu lumea. Spiritul creator, care deja de multă vreme dăltuia figurine, colora pereții peşterilor şi spunea poveşti, era pregătit să-şi ia zborul.

Minți excepționale – puțin numeroase, dar care au existat în orice epocă, toate modelate de natură, iar unele dintre ele de o imaginară inspirație divină – vor descoperi noi modalități de articulare a transcendentului. Odiseele lor creatoare vor exprima o formă de adevăr aflată dincolo de deducție sau validare, dând glas unor însuşiri definitorii ale naturii umane care rămân tăcute până când nu sunt experimentate.

A crea

Sensibilitatea față de tipare se numără printre cele mai eficiente aptitudini pentru supraviețuire. Aşa cum am văzut în repetate rânduri, observăm tipare, experimentăm tipare şi, cel mai important, învățăm din tipare. Amăgeşte-mă o dată – să-ți fie ruşine. Amăgeşte-mă a doua oară – şi poate că e prematur să mă învinovățesc, dar a treia şi a patra oară vina îmi va aparține fără îndoială. A învăța din tipare e un talent esențial pentru supraviețuire, imprimat de

evoluție în ADN-ul nostru. E posibil ca vizitatori extratereştri ajunşi pe Pământ să aibă o biochimie diferită, dar probabil că nu le va fi greu să înțeleagă noțiunea; analiza tiparelor a jucat aproape sigur un rol central şi în evoluția lor.

S-ar putea însă ca asemenea schimburi intergalactice să nu fie o întâlnire perfectă a minților. Unele dintre tiparele noastre îndrăgite i-ar putea lăsa perplecşi pe vizitatorii extratereştri. Aranjați anumiți pigmenți pe o pânză albă, ciopliți într-un anume fel un bloc de marmură sau generați anumite vibrații printre moleculele de aer – producând anumite tipare de lumină, textură şi sunet –, iar la întâlnirea cu aceste tipare noi, oamenii, simțim realitatea deschizându-se în moduri pe care niciodată până atunci nu le-am crezut posibile. Pentru un moment scurt, dar aparent nemărginit, simțim că locul nostru în lume se schimbă, ca şi cum am fi fost transportați pe alt tărâm. Dacă extratereştrii au avut genul acesta de experiențe, vor înțelege despre ce vorbim. Dar când le vom explica reacțiile noastre interioare la operele creatoare e posibil ca ei să privească în gol. Şi întrucât puterea limbajului de a descrie asemenea experiențe e limitată, extratereştrii ar fi uimiți să privească de la un continent la altul şi să vadă că numeroşi membri ai speciei noastre, unii singuri, alții în grupuri, se concentrează intens, sunt absorbiți, urmăresc ritmul şi fac piruete în timp ce se cufundă în lumile artei şi ale muzicii.

Uluiți de reacția noastră la expresia artistică, probabil că vizitatorii extratereştri ar fi la fel sau şi mai uluiți de crearea acestor opere. Pagina albă. Pânza imaculată. Blocul inform de marmură. Boțul de lut. Portativul nescris care aşteaptă inspirația compozitorului sau, odată scris, aşteaptă să fie

interpretat. Sau cântat. Sau dansat. Unii membri ai speciei noastre îşi petrec zilele şi nopțile imaginând forme pe care să le extragă din materia amorfă şi sunete pe care să le toarne în tăcere. Unii vor cheltui cea mai bună parte a vieții şi energiei lor pentru a realiza aceste viziuni imaginative, producând tipare în spațiu şi timp care pot fi venerate, detestate, ignorate sau considerate însăşi esența existenței. „Fără muzică“, spunea Friedrich Nietzsche, „viața ar fi o eroare“[2]. Sau, în cuvintele Ecrasiei, personajul lui George Bernard Shaw: „Fără artă, grosolănia realității ar face lumea insuportabilă.“[3] Dar ce declanşează impulsul imaginativ? E catalizat de instincte comportamentale modelate de selecția naturală? Sau de multă vreme irosim resurse prețioase de timp şi energie cu îndeletniciri artistice având prea puțină legătură cu supraviețuirea şi reproducerea?

Suntem aruncați în lume fără să fim întrebați. Odată ajunşi aici, ni se îngăduie să ne bucurăm de viață doar o clipă. Cât de înălțător e să apucăm frâiele creației şi să modelăm ceva ce putem controla, ceva ce ne aparține în mod intrinsec, ceva care reflectă cine suntem, ceva care captează viziunea noastră specifică asupra existenței umane. Mulți dintre noi ar refuza să ducă viața lui Shakespeare, Bach, Mozart, van Gogh, Dickinson sau O'Keeffe[23], dar ar fi încântați să posede măiestria lor creatoare. Să luminăm realitatea cu faruri făurite de noi înşine, să emoționăm lumea cu opere izvorâte din configurația noastră moleculară, să creăm experiențe capabile să treacă proba timpului – ei bine, toate acestea sună foarte romantic. Pentru unii, în procesul creației există o magie, un imbold irepresibil către exprimarea sinelui. Alții văd ocazia de a-şi înălța statutul şi

prestigiul. Alții simt chemarea eternității; creațiile noastre artistice, după cum spunea cândva Keith Haring, sunt o „căutare a nemuririi“.[4]

Dacă creația şi consumul de opere ale imaginației ar fi o adăugire recentă la comportamentul uman, sau dacă aceste activități ar fi fost doar rareori practicate de-a lungul istoriei omenirii, e improbabil ca ele să dezvăluie trăsături universale ale naturii noastre umane evoluate. În fond, unele lucruri – precum pantalonii bufanți şi bananele flambate – sunt rezultatul unor particularități contingente, aşa încât deslușirea amănuntelor genealogiei lor istorice oferă doar puține clarificări. Dar adevărul este că, din trecutul îndepărtat şi în toate ținuturile locuite, cântăm, dansăm, compunem, pictăm, sculptăm, cioplim şi scriem. Picturi rupestre şi obiecte funerare elaborate, cum am întâlnit în capitolul precedent, datează încă de acum treizeci-patruzeci de mii de ani. Au fost descoperite încrustații şi artefacte mai vechi cu câteva sute de mii de ani şi care dovedesc o expresie artistică.[5] Suntem confruntați cu un comportament universal care însă, spre deosebire de a mânca, a bea şi a procrea, nu-şi arată fățiş valoarea pentru supraviețuire.

Pentru o sensibilitate modernă, asta poate să nu pară o enigmă. A experimenta o operă care înviorează sufletul sau ne impresionează până la lacrimi înseamnă a transcende banalitatea cotidianului, şi cine nu ar rezona la o asemenea experiență? Dar, la fel ca în cazul observației superficiale că mâncăm înghețată fiindcă ne plac dulciurile, această explicație se concentrează doar asupra reacțiilor noastre nemijlocite, şi prin urmare e limitată la imboldul cel mai direct către înclinațiile noastre creatoare. Putem merge mai adânc? Putem înțelege de ce strămoşii noştri erau dispuşi să

neglijeze provocările concrete ale supraviețuirii şi să cheltuiască timp, energie şi efort prețioase dedicându-se imaginației?

Sex şi prăjitura cu brânză

Când i-am întâlnit pe străbunii noştri spunând poveşti, am examinat o întrebare similară, iar răspunsul cel mai convingător a invocat metafora simulatorului de zbor: prin utilizarea creatoare a limbajului am experimentat perspective familiare sau străine, permițându-ne să ne lărgim şi să ne rafinăm reacțiile la întâlnirile din lumea reală. Spunând poveşti, ascultând poveşti, înfrumusețând poveşti şi repetând poveşti, ne-am jucat cu posibilitatea fără să suferim consecințele. Am urmat o potecă după alta care începeau cu „Dar dacă?“, iar prin rațiune şi fantezie am explorat o sumedenie de rezultate posibile. Mințile noastre au cutreierat libere prin peisajul experienței imaginate, dăruindune o nou-descoperită subtilitate a gândirii, care s-a dovedit pesemne valoroasă pentru supraviețuire.

Dacă luăm în considerare forme mai abstracte de artă, această explicație trebuie revizuită. Una e să-ți imaginezi mintea lustruind idealurile de curaj şi eroism prin poveşti captivante despre bătălii câştigate cu greu sau relatări fascinante ale unor călătorii primejdioase. Şi cu totul altceva să susții că mintea şi-a exersat un muşchi adaptiv ascultând o Édith Piaf sau un Igor Stravinsky din Pleistocen. Se pare că există o prăpastie între experiența muzicii – sau, echivalent, a picturii, dansului sau sculpturii – şi depăşirea dificultăților întâlnite în lumea ancestrală.

Darwin însuşi a reflectat asupra posibilei funcții adaptive a unui simț artistic înnăscut, motivat fiind

de faimoasa enigmă evolutivă a cozii păunului. Cu o coadă mare şi viu colorată, unui păun îi este greu să se ascundă, iar când e urmărit de un prădător care se apropie rapid îi e greu să scape. De ce ar evolua o asemenea structură măreață, frumoasă, dar aparent dăunătoare? Răspunsul, a conchis Darwin, este că, deşi coada păunului poate fi o piedică în lupta pentru supraviețuire, ea este totuşi o parte esențială în strategia lui de reproducere. Nu numai noi, oamenii, găsim coada păunului atrăgătoare, ci şi păunițele. Ele sunt atrase de penajul strălucitor, de aceea cu cât păunul are o coadă mai impresionantă, cu atât e mai probabil să-şi găsească o pereche. Progenitura rezultată, la rândul ei, are mari şanse să moştenească trăsăturile tatălui şi preferințele mamei, propagând un război genetic în care bătăliile sunt câştigate nu dobândind mai multă hrană sau asigurând o mai mare protecție, ci crescând cozi splendide.

Este un exemplu de *selecție sexuală*, un mecanism evolutiv darwinist ale cărui angrenaje sunt puse în mişcare de accesul la reproducere. Un păun care moare tânăr nu va reuşi să se reproducă, de aceea selecția naturală îi favorizează pe supraviețuitori. Dar de acelaşi eşec reproductiv va avea parte un păun care trăieşte mult şi bine, dar e ocolit de toate posibilele perechi. Pentru a influența constituția biologică a generațiilor următoare, supraviețuirea e necesară, dar nu suficientă. Importantă este producerea de urmaşi, de aceea caracteristicile care încurajează împerecherea se vor bucura de un avantaj selectiv, uneori chiar şi în dauna siguranței.[6] Asemenea costuri nu pot fi astronomice – cozile nu pot fi oricât de stânjenitoare fără ca supraviețuirea să fie grav periclitată –, dar nici nule. Deşi coada păunului e exemplul cel mai

frecvent, considerente similare se aplică unui mare număr de specii. Păsările manakin cu barbă albă[24] îşi sumeţesc mişcările într-un dans frenetic şi zgomotos menit să atragă potenţialele perechi; licuricii sclipesc hipnotic într-o ceremonie de curtare al cărei succes depinde de fineţea efemerului lor joc de lumini; masculii de pasăre grădinar[25] construiesc cuiburi de burlaci complicate, împletind crenguţe, frunze, cochilii şi chiar ambalaje colorate într-o etalare ostentativă, ce pare să nu aibă alt scop decât seducerea unei viitoare doamne Pasăre Grădinar.[7]

Când Darwin a descris pentru prima oară selecţia sexuală în cartea sa în două volume, apărută în 1871, *Descendenţa omului şi selecţia sexulală*, propunerea n-a avut un succes imediat. Pentru mulţi contemporani ai săi părea de neconceput ca un comportament din mediul brutal al animalelor nonumane să depindă de reacţii estetice.[8] Darwin nu şi-a imaginat păsări sau broaşte pierdute în reverii poetice, contemplând razele roşiatice ale Soarelui care dispărea sub orizont. Simţul estetic propus de el se concentra exclusiv pe alegerea perechii. Chiar şi aşa, atribuirea de către Darwin a unui „gust pentru frumos“[9] unui larg segment din regnul animal părea o frivolitate. Iar pentru Alfred Russel Wallace, care vedea în sensibilităţile estetice umane un dar de la Dumnezeu, era de-a dreptul scandalos.[10]

Dar, dacă nu invocăm o sensibilitate înnăscută pentru frumos, cum explicăm somptuoasele ornamente corporale, paradele creatoare şi construcţiile fizice care sunt parte integrantă în nenumărate jocuri de curtare desfăşurate în regnul animal? Ei bine, există şi o abordare mai puţin elevată. Să ne gândim din nou la coada păunului. În vreme ce noi, oamenii, apreciem estetica penajului unui păun, unei păunițe acesta îi provoacă o reacţie

instinctivă cu o considerabilă importanță genetică. Păunii împodobiți cu penaj strălucitor sunt puternici şi sănătoşi, mărind şansele ca ei să zămislească descendenți viguroşi. Şi fiindcă păunițele, la fel ca femelele majorității speciilor, pot produce mult mai puține progenituri în comparație cu omologii lor masculini, ele şi-au dezvoltat o preferință deosebit de puternică pentru masculii apți; asemenea uniuni măresc rata de succes a fiecărei fertilizări consumatoare de resurse, şi ca atare prețioase.[11] Penajul bogat fiind o demonstrație vizibilă a forței şi vigorii unei potențiale perechi, păunițele atrase de asemenea cozi e mai probabil să dea naştere unor pui robuşti. La rândul lor, aceşti pui de păun vor poseda în general aceleaşi gene pentru a dori şi a dobândi un penaj strălucitor, înlesnind răspândirea acestor trăsături la generațiile viitoare. În această analiză a selecției sexuale, frumusețea nu e nicidecum superficială; ea echivalează cu o scrisoare de recomandare publică, atestând aptitudinea adaptivă a unei potențiale perechi.

Indiferent dacă alegerea perechii e motivată de sensibilități estetice sau de considerente de sănătate, preferințele rezultate pot justifica trăsături costisitoare, corporale şi de comportament, ale căror beneficii intrinseci pentru supraviețuire sunt îndoielnice. Întrucât această descriere pare aplicabilă practicilor artistice foarte vechi şi în esență universale ale speciei noastre, e posibil ca selecția sexuală să aducă clarificări. Darwin aşa credea. El a invocat selecția sexuală pentru a explica înclinația umană pentru perforări şi colorări ale corpului, şi a sugerat că reacția puternică pe care o poate suscita muzica e un rezultat evolutiv al selecției sexuale, modelând apelurile umane la împerechere. Bărbații care cântau sau dansau cel

mai bine, ori aveau cele mai atrăgătoare tatuaje sau veşminte ornamentate au fost ținta femeilor pretențioase, iar astfel au dat naştere mai lesne unei progenituri cu înclinații artistice. Când un băiat întâlnea o fată, poate că talentul artistic hotăra dacă băiatul se întorcea acasă singur.

Mai recent, psihologul Geoffrey Miller şi filozoful Denis Dutton au dezvoltat în continuare această perspectivă, sugerând că aptitudinile artistice umane oferă un indicator de eficiență biologică pe care femeile perspicace îl examinează cu atenție.[12] Artefactele făurite cu măiestrie, manifestările creatoare şi reprezentațiile energice demonstrează o minte şi un trup care funcționează la întreaga capacitate, atestând totodată că artistul e înzestrat din plin cu cele necesare supraviețuirii. În fond, continuă raționamentul, un artist îşi poate permite extravaganța de a cheltui timp şi energie pe activități fără valoare de supraviețuire numai în virtutea faptului că posedă resurse materiale şi îndemânare fizică. (După câte se pare, artiştii din Pleistocen erau departe de a flămânzi.) Din acest punct de vedere, inițiativele artistice echivalează cu o strategie de marketing de autopromovare având ca rezultat uniuni între artişti talentați şi o consoartă cu discernământ, producând urmaşi care au toate şansele să posede trăsături similare.

Selecția sexuală ca motor evolutiv al activității artistice umane e o posibilitate interesantă, dar a generat mai mult dispute decât consens. Cercetătorii şi-au pus numeroase întrebări: Talentul artistic este oare un semnal precis pentru sănătatea fizică? S-ar putea ca aptitudinile artistice să fie atât de strâns împletite cu inteligența şi creativitatea native, calități cu o incontestabilă valoare pentru supraviețuire, aşa încât predilecțiile artistice să se

răspândească prin selecție naturală, fără a fi nevoie să invocăm selecția sexuală? Dat fiind că selecția sexuală se concentrează asupra artiştilor bărbați, cum explică această teorie activitățile artistice ale femeilor? Şi, poate aspectul cel mai dificil, caracterul public al activităților artistice în Pleistocen, precum şi ritualurile de curtare şi practicile de împerechere din acea epocă sunt în mare parte de domeniul speculației. Fără îndoială, cuceririle lui Lucian Freud[26] şi Mick Jagger sunt legendare, dar ne spun ele oare ceva despre importanța talentelor artistice sau a prezenței scenice pentru accesul la reproducere al primilor hominizi? În lumina acestor preocupări, Brian Boyd a oferit un rezumat prudent: „Selecția sexuală a fost un mecanism în plus pentru artă, nu motorul însuşi.“[13]

Steven Pinker sugerează o perspectivă complet diferită asupra utilității adaptive a artelor. Într-un pasaj frecvent citat de susținători, precum şi de detractori, el afirmă că toate artele, mai puțin cele ale limbajului, echivalează cu deserturi fără nici o valoare nutritivă servite unor creiere umane obsedate de tipare. La fel cum „prăjitura cu brânză conține o explozie senzuală fără echivalent în lumea naturală, fiindcă e un amestec de megadoze de stimuli agreabili pe care l-am născocit cu scopul anume de a apăsa pe butoanele plăcerii“[14], artele, potrivit lui Pinker, sunt creații fără utilitate adaptivă, concepute să excite în mod artificial nişte simțuri umane care au evoluat pentru a promova eficiența biologică a strămoşilor noştri. Aceasta nu e o judecată de valoare (argumentele lui Pinker, pline de aluzii culturale, arată limpede că are o profundă sensibilitate pentru arte). În schimb, el vrea să stabilească imparțial dacă artele au jucat sau nu un

rol într-o anumită sarcină: sporirea şanselor ca în lumea ancestrală genele strămoşilor noştri, iar nu cele ale verilor noştri filistini, fără simț artistic, afoni şi stângaci, să fie transmise generației următoare. Şi doar în raport cu acest scop Pinker susține că artele sunt irelevante.

Fără îndoială că evoluția ne-a determinat să dezvoltăm o serie de comportamente menite să ne sporească eficiența biologică, de la găsirea hranei şi a perechii şi asigurarea adăpostului până la stabilirea de alianțe, apărarea de duşmani şi instruirea urmaşilor. Comportamente transmisibile care, în general, au dus la un mai mare succes în reproducere, s-au răspândit pe scară largă şi au devenit mecanismele uzuale pentru depăşirea anumitor dificultăți adaptive. În modelarea unora dintre aceste comportamente o momeală folosită de evoluție a fost plăcerea: dacă anumite comportamente care ajută supraviețuirea ni se par plăcute, e mai probabil să le adoptăm. Iar în virtutea calităților lor care favorizează supraviețuirea, aceste comportamente ne vor mări şansele de a trăi suficient pentru a ne reproduce, înzestrând generațiile viitoare cu tendințe de comportament similare. Astfel, evoluția generează un set de bucle de feedback autoîntreținute, care fac ca acele comportamente care sporesc adaptarea să pară plăcute. Conform lui Pinker, artele taie buclele de feedback, retează beneficiile adaptive şi stimulează direct centrii plăcerii, oferind experiențe agreabile, care dintr-o perspectivă evoluționistă sunt nemeritate. Ne plac trăirile artistice, dar nici crearea, nici experimentarea lor nu ne fac mai bine adaptați sau mai atrăgători. Din perspectiva supraviețuirii, artele sunt alimente nesănătoase.

Exemplul preferat al lui Pinker e muzica, genul

de artă a cărei irelevanță adaptivă o explică cel mai detaliat. El sugerează că muzica e un parazit auditiv, care profită de sensibilități auriculare evocatoare emoțional care cu mult timp în urmă au avut valoare de supraviețuire pentru strămoşii noştri. De pildă, sunetele ale căror frecvențe sunt în relație armonică (frecvențe care sunt multipli ai unei frecvențe comune) indică o singură sursă, potențial identificabilă (fizica elementară arată că atunci când vibrează un obiect liniar – corzile vocale ale unui prădător sau o armă făcută dintr-un os gol pe dinăuntru –, frecvențele de vibrație tind să completeze o serie armonică). Aceia dintre strămoşii noştri care au reacționat într-un mod mai agreabil la asemenea sunete organizate poate că le-au acordat mai multă atenție, iar astfel au cunoscut mai bine mediul lor. Această cunoaştere sporită a înclinat balanța supraviețuirii în favoarea lor, sporindu-le bunăstarea şi încurajând o dezvoltare şi mai mare a sensibilității auditive. Receptivitatea sporită față de alte sunete bogate în informații, de la tunete la zgomote de paşi şi crengi rupte, a ascuțit şi mai mult atenția şi a amplificat cunoaşterea mediului. Prin urmare, aceia dintre strămoşii noştri care erau mai sensibili la sunete posedau un avantaj adaptiv, sprijinind răspândirea sensibilității auriculare la generațiile ulterioare. Potrivit lui Pinker, muzica deturnează sensibilitatea sonoră pentru o escapadă a plăcerilor senzuale fără nici un rol adaptiv. Aşa cum prăjitura cu brânză stimulează artificial vechile noastre preferințe adaptive pentru alimentele cu conținut caloric ridicat, muzica stimulează artificial vechea noastră sensibilitate adaptivă la sunete cu conținut informațional bogat.

Juxtapunerea de către Pinker a plăcerii vinovate cu experiența rarefiată e şocantă. În mod intenționat.

Ideea nu e de a devaloriza experiența artistică, ci de a extinde atribuirea de semnificație. Ne încântă fără îndoială să identificăm o bază evolutivă pentru un comportament uman sau altul, care imprimă o pecete de neşters în ADN-ul nostru. Cât de plăcut e să ne imaginăm că artele, considerate de mulți printre cele mai elevate realizări ale omenirii, au jucat un rol esențial în supraviețuirea speciei! Dar, oricât de plăcută, o asemenea explicație nu-i neapărat adevărată. Nici esențială. Adaptarea biologică nu e singurul standard de valoare. E la fel de minunat că ne putem înălța deasupra preocupărilor pentru supraviețuire şi să folosim imaginația pentru a exprima ceva frumos, tulburător sau sfâşietor. Semnificația nu presupune utilitate adaptivă. Cu ani în urmă, la o cină cu familia într-un restaurant, când chelnerul a servit prăjitură cu brânză la o masă alăturată, mama mea, care ținea permanent regim, a simțit nevoia să se ridice în picioare şi să salute, un gest de respect care se aplică nu doar desertului în sine, ci şi comportamentelor umane universale care, în opinia lui Pinker, au conferit acelui desert caracter adaptiv.

Imaginație şi supraviețuire

Recunoaşterea faptului că artele nu trebuie să se ruşineze de lipsa utilității adaptive nu i-a descurajat pe cercetători să continue să caute explicații darwiniste pentru perpetuarea şi ubicuitatea lor. Explicații care, altfel spus, încearcă să stabilească o legătură directă între activitățile artistice şi supraviețuirea strămoşilor noştri. În această căutare, antropoloaga Ellen Dissanayake a subliniat necesitatea de a examina artele aşa cum au fost ele practicate în contextele ancestrale, susținând că de-a

lungul istoriei umane artele, la fel ca religia, n-au fost divertismente pentru timpul liber „cărora să li te dedici o dimineață pe săptămână sau când nu ai nimic mai bun de făcut, nici distracții superflue la care poți renunța cu totul“.[15] Indiferent dacă presupunea coborârea în lumea subterană pentru a împodobi un perete de peşteră, sau a bate frenetic toba, a dansa şi a cânta într-o stare de transă mistică, arta, la fel ca religia, era țesută în tapiseria existenței ancestrale. Iar aici se află un posibil rol adaptiv.

Dacă extratereştrii ar fi vizitat Pământul în Paleolitic şi ar fi pariat cine va domina peste un milion de ani, puțini ar fi mizat pe genul *Homo*. Totuşi, reunind forța fizică şi inteligența, am putut domina forme de viață mai mari, mai puternice şi mai rapide, sau înzestrate cu simțuri mai fine ale mirosului, văzului şi auzului. Am triumfat fiindcă suntem ingenioşi şi creativi, fireşte, dar în primul rând fiindcă suntem excepțional de sociali. În capitole anterioare am discutat un număr de mecanisme, de la povestit la religie şi teoria jocurilor, care au putut stimula capacitatea noastră de a ne reuni în grupuri productive. Dar, fiindcă un asemenea comportament este pe cât de complex, pe atât de influent, a căuta o singură explicație poate fi insuficient. Probabil că diverse combinații ale acestor mecanisme au jucat un rol important în succesul tendințelor noastre de grupare, iar, aşa cum au sugerat Dissanayake şi alți cercetători, lista influențelor prosociale trebuie extinsă pentru a include arta.

Dacă tu şi cu mine avem încredere că fiecare va înțelege şi va anticipa reacțiile emoționale ale celuilalt – chiar şi atunci când ne confruntăm cu dificultăți neobişnuite şi urmărim noi oportunități – sunt şanse mai mari să cooperăm cu succes. Artele

au putut juca un rol esențial în acest sens. Dacă noi doi şi alții din grupul nostru participăm frecvent la aceleaşi experiențe artistice ritualizate, reunindu-ne prin ritm, melodie şi mişcări energice, unitatea unor asemenea călătorii emoționale intense poate crea un sentiment de solidaritate comună. Oricine a luat parte la activități de grup prelungite, constând în percuție, cântece şi mişcări, cunoaşte senzația; cui nu a încercat, i-o recomand cu căldură. Intense şi vădit grandioase, aceste episoade emoționale împărtăşite ne pot include într-un întreg mai angajat. După cum sublinia Noël Carroll, un filozof care s-a aflat în avangarda acestor idei, „Scopul artei a fost să stârnească şi să modeleze emoțiile într-un mod care-i uneşte pe cei aflați sub influența ei şi le insuflă sentimentul participării la o cultură“.[16] Într-adevăr, însăşi noțiunea de cultură – un set de tradiții, obiceiuri şi perspective larg împărtăşite – se bazează pe o moştenire comună de practici şi experiențe artistice. Membrii unor asemenea grupuri armonizate emoțional aveau mai mari şanse să supraviețuiască şi să transmită generațiilor următoare tendința genetică pentru astfel de comportamente.

Dacă coeziunea grupului nu v-a convins ca explicație adaptivă pentru religie, ea nu vă va convinge nici ca explicație adaptivă pentru artă. Dar, la fel ca în discuția despre religie, nu-i nevoie să ne concentrăm exclusiv asupra grupurilor. Arta a putut avea o utilitate adaptivă direct la nivelul individului, perspectivă pe care eu o găsesc cu adevărat captivantă. Artele oferă o arenă nelimitată de restricțiile adevărului prozaic şi ale realității fizice cotidiene, permițând minții să salte, să se răsucească şi să facă tumbe în timp ce explorează tot felul de noutăți imaginare. O minte care aderă ferm la ceea

ce e adevărat este o minte care explorează un tărâm foarte limitat de posibilități. Dar o minte obişnuită să traverseze nestingheritä granițele dintre real şi imaginar – fără ca vreodată să le confunde – este o minte exersată în ruperea legăturilor gândirii convenționale. O asemenea minte e înclinată spre inovație şi ingeniozitate. Istoria o arată clar. Multe progrese importante în ştiință şi tehnologie se datorează unor indivizi capabili să examineze aceleaşi probleme cu care s-au confruntat generații de gânditori înaintea lor şi să aibă flexibilitatea de gândire necesară pentru a le vedea altfel.

Pasul esențial făcut de Einstein în direcția relativității n-a fost declanşat de noi experimente sau date. El a operat cu date – despre electricitate, magnetism şi lumină – deja bine cunoscute. Mişcarea îndrăzneață a lui Einstein a fost să se elibereze de presupunerea larg acceptată că spațiul şi timpul sunt constante, care impunea ca viteza luminii să fie variabilă, imaginându-şi în schimb că viteza luminii e constantă, ceea ce impunea ca spațiul şi timpul să varieze. Nu urmăresc aici să explic teoria relativității restrânse (cititorul poate consulta, de exemplu, capitolul 2 din *Universul elegant*), ci să remarc că descoperirea s-a bazat pe o rearanjare simplă, dar fundamentală, a pieselor de Lego ale realității, inversarea unor tipare simbolice atât de familiare, încât majoritatea minților nici n-au luat în considerare posibilitatea. Este un tip de manevră creatoare care rezonează cu cele mai înalte niveluri ale compoziției artistice. Marele pianist Glenn Gould spunea că geniul lui Bach e demonstrat de capacitatea lui de a concepe linii melodice „care atunci când sunt transpuse, răsturnate, inversate sau transformate ritmic vor prezenta […] un profil cu totul nou, dar pe deplin armonios“.[17] Geniul lui

Einstein s-a bazat pe o capacitate similară şi la fel de stranie de a reconfigura elementele de bază ale cunoaşterii, examinând într-un mod diferit concepte studiate timp de decenii, dacă nu secole, şi combinându-le potrivit unui plan nou. Einstein spunea că gândeşte prin muzică şi se baza adesea pe explorări vizuale, fără ecuații sau cuvinte – ceea ce nu-i de mirare. Arta lui Einstein a fost să audă ritmuri şi să vadă tipare care dezvăluiau unitatea profundă a mecanismelor realității.

Relativitatea lui Einstein şi fugile lui Bach nu sunt consubstanțiale supraviețuirii, dar sunt exemple perfecte ale capacităților umane care au fost esențiale pentru succesul nostru ca specie. Legătura dintre aptitudinea ştiințifică şi rezolvarea problemelor puse de lumea reală este, poate, mai vizibilă, dar mințile care raționează prin analogie şi metaforă, mințile care reprezintă cu ajutorul culorii şi al texturii, mințile care imaginează prin melodie şi ritm sunt minți care cultivă un peisaj cognitiv mai înfloritor. E totuna cu a spune că artele au putut juca un rol vital în dezvoltarea flexibilității gândirii şi a fluenței intuiției de care strămoşii noştri au avut nevoie pentru a confecționa sulițe, a inventa gătitul, a utiliza roata şi, mai târziu, a scrie *Misa în si minor*, iar, şi mai târziu, a sfărâma perspectiva noastră rigidă asupra spațiului şi timpului. Vreme de sute de mii de ani, artele au putut fi terenul de joc al cogniției umane, oferind o arenă sigură pentru antrenarea capacităților noastre imaginative şi impregnarea lor cu o puternică aptitudine pentru inovație.

Rolurile adaptive ale artei pe care le-am examinat – perfecționarea inventivității şi consolidarea legăturilor sociale – acționează în tandem. Inovația e pedestraşul creativității. Coeziunea de grup e armata

punerii în aplicare. Succesul în bătălia implacabilă pentru supraviețuire are nevoie de ambele: idei creative puse în aplicare cu succes. Faptul că artele sunt în centrul celor două sugerează un rol adaptiv dincolo de simpla apăsare pe butoanele plăcerii. Desigur, e posibil ca artele să fie un produs secundar insignifiant pentru adaptare, şi totuşi profund plăcut, al unui creier mare adăpostind o minte creativă, dar pentru mulți cercetători asta nu acordă suficient credit capacității artei de a modela interacțiunea noastră cu realitatea. „Rafinând şi întărind sociabilitatea, pregătindu-ne să folosim resursele imaginației şi făcându-ne mai încrezători în capacitatea de a ne modela viața în propriii noştri termeni, arta alterează în mod fundamental relația noastră cu lumea“[18], spunea Brian Boyd.

Cred că perfecționarea ingeniozității, exersarea creativității, lărgirea perspectivei şi promovarea coeziunii oferă un model pentru rolul artelor în selecția naturală. Din această perspectivă, artele se alătură limbajului, povestirii, mitului şi religiei ca mijloacele prin care mintea umană gândeşte simbolic, raționează contrar evidenței, imaginează liber şi colaborează. De-a lungul timpului, aceste capacități au dat naştere lumii noastre, bogată în cultură, ştiință şi tehnologie. Chiar dacă credeți că rolul evolutiv al artei se apropie de cel al prăjiturilor, putem fi cu siguranță de acord că nenumărate forme de artă au fost o prezență constantă şi prețuită în întreaga istorie umană. Ceea ce înseamnă că în viețile interioare şi în schimburile sociale informația faptică transmisă prin limbaj nu e întotdeauna esențială.

Ce ne spune asta despre artă şi adevăr?

Artă şi adevăr

În urmă cu vreo douăzeci de ani, într-una dintre acele superbe zile însorite de toamnă când frunzele devin roşii şi portocalii, conduceam maşina singur pe autostradă din New York la locuința familiei noastre când, aparent de nicăieri, un câine a țâşnit în fața maşinii. Am apăsat pe frână, dar cu o clipă înainte ca maşina să se oprească am simțit o izbitură surdă urmată îndeaproape de alta, când roțile din față apoi cele din spate au trecut peste câine. Am ridicat cățeaua, încă vie, dar nemişcată, am aşezat-o pe scaunul din față şi am pornit în viteză pe drumuri lăturalnice în căutarea unui veterinar. După câteva minute, cățeaua a reuşit cumva să se ridice. I-am pus uşor mâna pe cap, ea l-a sprijinit de scaun, dar a alunecat înapoi. Am oprit pe marginea drumului. Ea m-a privit intens fără să clipească. Durere, spaimă şi resemnare. Apoi, lăsându-şi mai greu corpul pe mâna mea, ca şi cum n-ar fi suportat să rămână singură, a murit.

Am avut animale de companie care au murit. De data asta a fost altfel. Brusc. Forțat. Violent. Cu timpul, şocul s-a atenuat, dar ultimul moment mi-a rămas întipărit în minte. Eul meu rațional ştie că atribui o semnificație necuvenită unei întâmplări nefericite, dar foarte frecvente. Totuşi, trecerea de la viață la moarte a unui animal pe care l-am întâlnit din întâmplare şi care a murit din cauza mea, deşi neintenționat, a avut asupra mea un efect straniu şi neaşteptat. Conținea un anumit adevăr. Nu un adevăr propozițional. Nici bazat pe fapte. Nu-l puteam măsura. Dar în clipa aceea am simțit că în percepția mea asupra lumii s-a produs o uşoară schimbare.

Sunt şi alte câteva experiențe care, fiecare în felul ei, mi-au lăsat o senzație asemănătoare. Când am ținut în brațe primul meu copil; când m-am ghemuit

într-o crăpătură în stâncă, lângă San Francisco, în timp ce afară se dezlănțuise o furtună cumplită; când am auzit-o pe fetița mea cântând solo la o serbare şcolară; când am rezolvat o ecuație care rezistase luni de zile tuturor încercărilor; când, pe malul râului Bagmati, am văzut cum o familie nepaleză săvârşeşte o incinerare rituală; când am coborât – mai bine zis m-am prăvălit – cu schiurile pe o pârtie „diamant dublu“[27] la Trondheim, şi am reuşit cumva să supraviețuiesc. Fiecare are propria listă. Experiențe care ne acaparează total atenția şi declanşează reacții emoționale pe care le apreciem chiar şi în absența – sau poate tocmai datorită absenței – unei descrieri complet raționale sau lingvistice. Faptul curios, deşi probabil comun, e că, deşi munca mea se bazează în întregime pe limbaj, nu mă simt deloc îndemnat să explorez aceste experiențe folosind cuvintele. Când mă gândesc la ele nu simt că-mi lipseşte vreo înțelegere care să pretindă clarificări lingvistice. Ele îmi extind lumea fără să fie nevoie de interpretare. Sunt momente în care naratorul meu lăuntric ştie că trebuie să tacă. O viață examinată nu e neapărat o viață articulată.

Arta cea mai captivantă ne poate induce stări mentale şi corporale comparabile cu acelea produse de întâlnirile noastre cele mai tulburătoare din lumea reală, transformând şi amplificând într-un mod similar relația noastră cu adevărul. Discutarea, analizarea şi interpretarea pot modela aceste experiențe, dar cele mai puternice dintre ele nu se bizuie pe un intermediar lingvistic. Într-adevăr, chiar şi în cazul artelor bazate pe limbaj, imaginile şi senzațiile sunt cele care, în experiențele cele mai emoționante, lasă amprenta cea mai durabilă. „Atunci când un poet aduce în limbaj o imagine nouă care e în întregime corectă, partea cognoscibilă

a existenței se extinde“[19], spunea poeta Jane Hirshfield. Laureatul Nobel Saul Bellow vorbeşte şi el despre capacitatea unică a artei de a extinde cognoscibilul: „Doar arta răzbate prin ceea ce mândria, pasiunea, inteligența şi obişnuința ridică de jur-împrejur – aparentele realități ale lumii. Există şi o altă realitate, cea autentică, pe care o pierdem din vedere. Această altă realitate ne trimite mereu semnale, pe care nu le putem recepta fără ajutorul artei.“ Iar fără cealaltă realitate, observă Bellow făcându-se ecoul unor gânduri exprimate de Proust, existența e redusă la o „terminologie în scopuri practice pe care în mod fals o numim viață“.[20]

Supraviețuirea se bazează pe acumularea unor informații care descriu lumea cu precizie. Iar progresul, în sensul convențional al unui control sporit asupra mediului, impune înțelegerea clară a felului în care se integrează aceste fapte în funcționarea naturii. Ele sunt materia primă pentru atingerea scopurilor practice, sunt baza pentru ceea ce numim adevăr obiectiv şi deseori sunt asociate cunoaşterii ştiințifice. Dar oricât de cuprinzătoare ar fi o asemenea cunoaştere, ea nu va reuşi niciodată să ofere o descriere exhaustivă a experienței umane. Adevărul artistic atinge un alt nivel; el ne spune o poveste de nivel superior, care, după cum spunea Joseph Conrad, „invocă acea parte din ființa noastră care nu e dependentă de înțelepciune“, şi în schimb se adresează „capacității noastre de a ne delecta şi mira, sentimentului misterului care ne înconjoară viețile; senzațiilor de compasiune, frumusețe şi durere; simțământului latent de comuniune cu întrega creație […] în vise, în bucurie, în tristețe, în aspirații, în iluzii, în speranță, în teamă […] care uneşte întreaga omenire – pe cei morți cu cei vii, iar pe cei vii cu cei nenăscuți.“[21]

Eliberat de veridicitatea rigidă şi dezvoltându-se de-a lungul mileniilor, instinctul creator a explorat în detaliu spectrul emoțional care marchează viziunea lui Conrad asupra călătoriei artistice şi oferă limba vernaculară în care realitatea autentică a lui Bellow ne şopteşte de după colț. Mai ales scriitorii au făurit lumi cu personaje ale căror vieți fictive oferă studii profunde asupra comportamentului uman. Odiseu şi periplul răzbunării şi loialității, Lady Macbeth şi ghearele ambiției şi vinovăției, Holden Caulfield[28] şi instinctul irepresibil al rebeliunii, Atticus Finch[29] şi puterea eroismului tăcut, dar nezdruncinat, Emma Bovary şi tragedia cuplurilor, Dorothy[30] şi drumul sinuos al descoperirii de sine – cunoştințele despre diversitatea experienței oferite de aceste lucrări, adevărul artistic pe care ele îl dezvoltă adaugă umbre şi dimensiune unei schițe altminteri sumare a naturii umane.

Lucrările vizuale şi muzicale, în care limbajul nu e esențial, oferă experiențe mai vagi. Dar la fel ca cele literare, dacă nu mai mult, ele pot declanşa aceleaşi emoții care, după cum spunea Conrad, transcend judecata comună; vocile care populează realitatea autentică a lui Bellow ne vorbesc în diverse moduri. Nu pot asculta *Totentanz* de Franz Liszt fără să am o premoniție visceralã; *Simfonia a III-a* de Brahms îmi trezeşte o năzuință profundă, insațiabilă; *Ciaccona* lui Bach e o apoteoză a sublimului; „Oda Bucuriei“ din finalul *Simfoniei a IX-a* de Beethoven e pentru mine şi, desigur, pentru o mare parte a lumii, una dintre expresiile cele mai optimiste pe care le-a oferit specia noastră. Reunind muzica şi poezia, „Hallelujah“ a lui Leonard Cohen omagiază viața imperfectă cu o incomparabilă autenticitate; interpretarea simplă şi desăvârşită de

către Judy Garland a piesei „Over the Rainbow“ surprinde aspirațiile tinereții; „Imagine“ a lui John Lennon întruchipează simpla putere de a imagina posibilul.

La fel ca în cazul momentelor singulare ale vieții, fiecare dintre noi ne putem aminti opere, din literatură sau film, sculptură sau coregrafie, muzică sau pictură, care ne-au impresionat. Prin aceste experiențe captivante, consumăm „megadoze“ de calități esențiale ale vieții umane. Dar departe de a fi calorii goale, aceste momente de exaltare ne oferă o cunoaştere care altminteri ar fi greu, dacă nu imposibil, de dobândit.

Textierul Yip Harburg, autorul multor piese clasice, între care „Over the Rainbow“, a explicat foarte simplu: „Cuvintele te fac să gândeşti un gând. Muzica te face să simți un sentiment. Dar un cântec te face să simți un gând.“[22] *Să simți un gând*. Pentru mine, aceasta e esența adevărului artistic. Aşa cum a subliniat Harburg, a gândi e intelectual, a simți e emoțional, dar „a simți un gând e un proces artistic“.[23] Observația aceasta se referă la legătura dintre limbaj şi muzică dar, de fapt, ea unifică artele într-un mod mai general. Reacțiile emoționale pe care le trezeşte arta reverberează în subconştient. În cazul operelor de artă fără cuvinte, aceste experiențe sunt mai puțin direcționate, iar sentimentele mai vagi. Dar toate formele de artă ne pot face să simțim gânduri, producând un tip de adevăr pe care e improbabil să-l anticipăm prin deliberare conştientă sau analiza faptelor. Un tip de adevăr aflat dincolo de experiență. Dincolo de rațiunea pură. Dincolo de domeniul logicii. Dincolo de necesitatea demonstrației.

Să nu ne amăgim. Cu toții *suntem* saci de particule – atât mintea, cât şi corpul –, iar faptele

fizice privitoare la particule pot explica pe deplin interacțiunile şi comportamentul lor. Dar aceste fapte, narațiunea particulelor, aruncă doar o lumină monocromatică asupra poveştilor bogat colorate în care navigăm noi, oamenii, prin lumea complexă a gândirii, percepției şi emoției. Iar atunci când percepțiile noastre îmbină gândirea şi emoția, când simțim gândurile, şi nu doar le gândim, experiențele noastre depăşesc şi mai mult granițele explicației mecaniciste. Dobândim acces la lumi altminteri neexplorate. Aşa cum sublinia Proust, acest lucru se cuvine glorificat. Numai prin artă, observa, putem pătrunde în universul secret al altcuiva, singura călătorie în care cu adevărat „zburăm din stea în stea“, o călătorie ce nu poate fi săvârşită prin „metode directe şi conştiente“.[24]

Deşi concentrată asupra artelor, perspectiva lui Proust rezonează cu concepția mea despre fizica modernă. „Singura călătorie de descoperire adevărată“, spunea el, „nu constă în a vizita ținuturi stranii, ci a poseda alți ochi, a vedea universul prin ochii altcuiva, a o sută de alți oameni.“[25] Timp de secole noi, fizicienii, ne-am bazat pe matematică şi experiment pentru a ne remodela privirea, a dezvălui straturi ale realității neatinse de generațiile din trecut, a ne permite să vedem peisaje familiare în moduri noi şi surprinzătoare. Cu aceste instrumente am descoperit că ținuturile cele mai stranii se ivesc din examinarea atentă a teritoriilor unde am locuit dintotdeauna. Pentru a dobândi însă o asemenea cunoaştere şi a utiliza puterea ştiinței într-un mod mai general, trebuie să urmăm îndemnul ferm de a privi dincolo de particularitățile modului cum fiecare dintre ansamblurile noastre distincte de molecule şi celule asimilează lumea şi să ne îndreptăm atenția asupra trăsăturilor obiective ale

realității. În rest, adevărurile noastre mult prea umane, poveştile noastre ierarhizate, se bazează pe artă. „Pentru a ne vedea chipul folosim o oglindă, pentru a ne vedea sufletul folosim opere de artă“[26], spunea George Bernard Shaw.

Nemurirea poetică

Adesea sunt întrebat care fapt privitor la univers mi se pare cel mai şocant. N-am un răspuns constant. Uneori sugerez maleabilitatea timpului din teoria relativității, alteori corelația cuantică, ceea ce Einstein numea „fantomatica acțiune la distanță“. Dar uneori simplific şi sugerez ceva ce majoritatea ştim de când eram elevi. Când privim cerul noaptea, vedem stelele aşa cum au fost cu multe mii de ani în urmă. Folosind telescoape puternice, vedem obiecte astronomice mult mai îndepărtate aşa cum au fost cu milioane sau miliarde de ani în urmă. Unele dintre aceste surse astronomice poate că nu mai există de mult, dar noi continuăm să le vedem, fiindcă lumina pe care au emis-o cu mult timp în urmă încă mai călătoreşte. Lumina oferă iluzia unei prezențe. Şi nu doar pentru stele. Imperturbabile, fascicule de radiație reflectate poartă amprentele noastre peste o întindere arbitrară de spațiu şi timp, o nemurire poetică ce străbate cosmosul cu viteza luminii.

Aici, pe Pământ, nemurirea poetică ia o altă formă. Aspirația de a trăi atât timp cât dorim nu a fost satisfăcută, cel puțin până acum, şi poate că nu va fi niciodată. Dar mintea creatoare, capabilă să hoinărească liber prin lumi imaginare, poate să exploreze nemurirea, să cutreiere eternitatea şi să se întrebe de ce căutăm, disprețuim sau ne e teamă de timpul infinit. Vreme de milenii artiştii au făcut tocmai asta. În urmă cu vreo douăzeci şi cinci de

secole, Sappho, poetă din Grecia antică, deplângea caracterul inevitabil al schimbării („Voi, fetelor, căutați darurile minunate ale Muzelor în veşmânt de violete / în sunet limpede şi melodios de liră; / cât despre mine – bătrânețea a pus stăpânire pe trupul meu cândva fraged“), temperat de povestea-avertisment a lui Tithonos[31], un muritor căruia zeii i-au dăruit nemurirea, dar nu şi tinerețea veşnică, aşa încât a rămas să îndure pentru eternitate ravagiile bătrâneții. Un ultim vers, pe care unii eruditi îl consideră adevăratul final al poemului („Eros mi-a dăruit frumusețea şi strălucirea Soarelui“) sugerează că, prin căutarea pătimaşă a vieții exprimată în poezia ei, Sappho anticipa transcenderea declinului fizic şi dobândirea unei străluciri atemporale; prin poezia ei, ea imagina atingerea unei nemuriri simbolice.[27]

Este o versiune a unei strategii de negare a morții prin care noi, muritorii, căutăm să trăim prin realizările noastre eroice, contribuțiile influente sau operele creatoare. Scara unei asemenea nemuriri necesită o ajustare antropocentrică, de la eternitate la durata civilizației – un cost semnificativ, dar compensat de recunoaşterea faptului că, spre deosebire de echivalentul ei concret, versiunea simbolică a nemuririi este reală. Singura problemă e una de strategie. Care vieți vor fi amintite? Care opere vor dăinui? Şi cum să ne asigurăm că viețile şi operele noastre vor fi printre ele?

Două milenii după Sappho, Shakespeare a reflectat asupra rolului artei şi al artistului în modelarea memoriei lumii. Abordând subiectul unui epitaf pe care îşi imaginează că-l compune, Shakespeare observă: „Când cei de azi de mult se vor fi dus; / Vei fi – atât e pana mea de tare – / Mereu pe buze ca o răsuflare.“ Un beneficiu, afirmă

Shakespeare, de care el însuşi nu se va bucura: „Nemuritor aici e al tău nume. / Măcar că eu plecat pe veci... în groapă; / Când oamenii mă vor uita în lume, / Pe tine te-or păstra sub a lor pleoapă.“[32] Fireşte, ne dăm seama de stratagema lui Shakespeare: întrucât cuvintele poetului vor fi citite şi recitate, subiectul epitafului e doar un vehicul prin care poetul să obțină nemurirea, chiar dacă la modul simbolic. Şi, într-adevăr, peste secole, Shakespeare este cel care trăieşte în continuare.

După ce a părăsit Cercul de la Viena al lui Freud, Otto Rank şi-a elaborat teza că urmărirea nemuririi simbolice e una dintre principalele forțe motrice ale comportamentului uman. Impulsul artistic, credea Rank, reflectă asumarea de către minte a responsabilității propriului destin, curajul ei de a reconstrui realitatea şi a se angaja pe întreaga viață într-un proiect de modelare a sinelui său. Artistul optează pentru sănătatea psihică acceptând mortalitatea – vom muri, nu-i nimic de făcut, să trecem peste asta – şi dând aspirației către eternitate o formă simbolică purtată de operele sale creatoare. Perspectiva aceasta pune într-o altă lumină clişeul artistului chinuit. Potrivit lui Rank, a învinge mortalitatea prin creație artistică e o cale către echilibrul mintal. Sau, aşa cum spunea scriitorul şi criticul Joseph Wood Krutch: „Omul are nevoie de eternitate, după cum o dovedeşte istoria aspirațiilor sale; dar eternitatea artei este, după toate probabilitățile, singura pe care o va dobândi vreodată.“[28]

E posibil ca această dinamică să fi acționat în urmă cu zeci de mii de ani, lămurind de ce am dedicat energie unor activități fără legătură cu nevoile imediate de hrană şi adăpost? Ar putea să explice de ce, de-a lungul mileniilor, căutările

artistice au rămas componente esențiale în structura tuturor culturilor umane? Categoric da. Indiferent dacă viziunea atotcuprinzătoare a lui Rank nimereşte sau nu ținta, putem foarte bine să ni-i imaginăm pe strămoşii noştri percepându-şi natura muritoare, năzuind să se agațe de lumea lor şi s-o marcheze cu ceva emblematic, ceva creat de ei înşişi, ceva durabil. Ne putem imagina că acea năzuință întrerupe concentrarea altminteri asiduă asupra supraviețuirii, iar cu timpul e întărită şi rafinată prin plăcerea colectivă de a-l însoți pe artist în lumile imaginare ivite din mintea omenească.

Deşi puținătatea dovezilor reduce analiza trecutului îndepărtat la simple ipoteze, în epoca modernă întâlnim o mulțime de opere care reflectează în profunzime asupra mortalității şi eternității.[29] Walt Whitman credea că e intolerabil să-i atribui morții un caracter final: „Te temi de moarte? Dacă m-aş teme de moarte, aş muri chiar acum. / Crezi că aş păşi vesel şi binedispus către anihilare? […] / Jur că nu cred decât în nemurire!“ Pentru William Butler Yeats, anticul oraş Bizanț era destinația unde ar putea fi eliberat de forma sa fizică muritoare şi de grijile omeneşti, permițându-i-se intrarea într-un tărâm atemporal: „Călăuziți-mi spiritul bolnav de-atâta sete; / Prea strâns legat de animalul trup nici nu mai ştiu / Sufletul-mi cât suflet este şi cât lut – dacă se poate / Chemați-mă-acolo-n casa voastră din eternitate.“[3033] Herman Melville spunea că moartea navighează împreună cu noi chiar şi atunci când furtuna pare să se fi domolit: „Toți se nasc cu ştreangul de gât, însă doar atunci când se prind în vârtejul rapid şi subit al morții îşi dau seama muritorii de primejdiile ascunse, tăcute şi omniprezente ale vieții.“[31] Edgar Allan Poe a dus negația morții la limită dând glas victimelor

înmormântărilor premature care se zbat să scape din îmbrățișarea morții: „Am urlat de groază: mi-am înfipt unghiile în coapse şi m-am rănit; sicriul era scăldat în propriu-mi sânge; şi zgâriind pereții de lemn ai închisorii mele cu aceeaşi înverşunare mi-am sfâşiat degetele şi mi-am tocit unghiile până-n carne, curând nemaiputând să mă mişc de epuizare.“[32] Prin vocea patriarhului fictiv Big Daddy Pollitt, Tennessee Williams observa că „ignorarea mortalității este o alinare. Omul nu are acea alinare, el este singura ființă vie care concepe moartea“, şi prin urmare „dacă are bani, el cumpără şi cumpără şi cumpără, iar eu cred că motivul pentru care cumpără tot ce poate cumpăra e că în adâncul minții nutreşte speranța absurdă că una dintre achizițiile sale va fi viața veşnică!“[33]

Prin personajul său Arkadi Svidrigailov, Dostoievski a susținut o perspectivă diferită, plictisită de reverența pretinsă de eternitate: „Ca idee, ne reprezentăm întotdeauna veşnicia drept ceva ce nu poate fi înțeles, ceva uriaş, imens! Dar de ce trebuie să fie neapărat imensă? Şi dacă veşnicia nu-i decât o magherniță oarecare, închipuieşte-ți, o singură odaie, un fel de baie țărănească, afumată, cu pânze de păianjen prin colțuri? Eu, uneori, aşa îmi închipui că este.“[34] E un sentiment exprimat şi de Sylvia Plath: „O, Doamne, nu mă asemui cu tine / În hăul tău negru, / Spuzit de stele, sclipitoare confetti, prosteşti. / Eternitatea ta mă plictiseşte, / N-am vrut-o niciodată.“[35], şi adoptat la modul lejer de Douglas Adams printr-un personaj devenit nemuritor din întâmplare, Wowbagger cel Prelungit la Infinit, care plănuieşte să-şi alunge plictiseala insultându-i sistematic pe toți locuitorii universului, în ordine alfabetică.[36]

Spectrul dispozițiilor, de la aspirație la dispreț,

demonstrează ideea mai amplă: recunoaşterea timpului limitat care ne-a fost hărăzit a generat o relație artistică intensă cu conceptul de eternitate. Viața examinată examinează moartea. Iar pentru unii, a examina moartea înseamnă a da frâu liber imaginației să-i conteste dominația şi să invoce tărâmuri aflate dincolo de hotarele ei. Oricât de aprins ar discuta cercetătorii despre utilitatea lor evolutivă, rolul lor în edificarea coeziunii sociale, necesitatea lor pentru gândirea inovatoare şi poziția lor în panteonul impulsurilor primare, artele oferă mijloacele noastre cele mai grăitoare pentru a da expresie lucrurilor pe care le considerăm cele mai importante – între care viața şi moartea, finitul şi infinitul.

Pentru mulți, între care mă număr şi eu, expresia cea mai concentrată este cea dăruită de muzică. Muzica poate oferi o imersiune atât de învăluitoare, încât în doar câteva clipe ai senzația că ai păşit dincolo de timp. Violoncelistul şi dirijorul Pablo Casals a descris puterea muzicii de „a insufla fervoare spirituală activităților obişnuite, a da aripi de eternitate lucrurilor cele mai efemere“.[37] Este o fervoare care ne face să ne simțim parte din ceva mai vast, ceva care afirmă în mod visceral „convingerea invincibilă a solidarității care țese laolaltă singurătățile a nenumărate inimi“[38], după cum spunea Conrad. Împreună cu compozitorul ori cu alți ascultători, sau printr-o formă mai abstractă de comuniune, muzica invită la conexiune. Iar printr-o asemenea conexiune experiența muzicii transcende timpul.

La sfârşitul anilor 1960, elevilor din clasa a treia ai doamnei Gerber, de la Şcoala Publică nr. 87 din Manhattan, li s-a cerut să discute cu un adult la alegerea lor şi să scrie un scurt referat în care să

explice profesia acestuia. Eu am ales calea cea mai uşoară şi am stat de vorbă cu tatăl meu – un compozitor şi interpret care îşi cita cu mândrie titlul academic, „SPhD“ (*Seward Park High School dropout*, „elev care a abandonat studiile la Liceul Seward Park). În clasa a zecea, tatăl meu a lăsat baltă cărțile şi a pornit la drum, cântând şi dând reprezentații prin toată țara. A trecut mai bine de o jumătate de secol de la acea temă şcolară, dar un lucru pe care mi l-a spus atunci nu l-am uitat niciodată. Când l-am întrebat de ce a ales muzica, mi-a răspuns: „Ca să alung singurătatea.“ După care a trecut repede la un ton mai optimist, mai potrivit pentru referatul unui elev de clasa a treia, dar momentul acela necenzurat a fost revelator. Muzica a fost colacul lui de salvare. A fost versiunea lui a solidarității lui Conrad.

Puțini compozitori au reuşit să impresioneze omenirea. Tatăl meu n-a fost unul dintre ei, lucru care l-a îndurerat. Melodiile şi ritmurile scrise cu mâna pe sute de pagini îngălbenite, multe dinainte ca eu să mă fi născut, nu mai interesează acum decât familia noastră. Eu sunt poate singurul care mai ascultă uneori baladele, cântecele şi lucrările pentru pian pe care le-a compus în anii 1940 şi 1950. Pentru mine, aceste compoziții sunt o comoară, o legătură care-mi permite să percep gândurile tatălui meu dintr-o perioadă când abia începea să-şi croiască drumul în lume.

Muzica are puterea remarcabilă de a crea o asemenea legătură profundă, chiar şi între oameni pe care nu-i unesc legături de familie, trăind în epoci diferite şi în lumi diferite. O descriere emoționantă i se datorează lui Helen Keller[34], una dintre eroinele singulare ale istoriei. Pe 1 februarie 1924, postul de radio WEAF din New York City a transmis *Simfonia*

a IX-a a lui Beethoven interpretată de Orchestra Simfonică din New York. Acasă, Helen Keller şi-a pus mâinile pe membrana neacoperită a unui difuzor şi prin intermediul vibrațiilor a putut să simtă muzica, să trăiască ceea ce ea a numit „simfonia nemuritoare“, chiar să distingă instrumente individuale. „Când vocile umane s-au detaşat vibrând din crescendoul armoniei, le-am recunoscut numaidecât ca voci. Am simțit cum corul devine tot mai triumfător, mai extatic, înălțându-se ca o flacără, până când inima aproape că mi s-a oprit.“ Iar atunci, vorbind despre sunete care ating spiritul, despre muzica reverberând în eternitate, ea a conchis:

> „În timp ce ascultam, cu întunericul şi melodia, umbre şi sunete umplându-mi camera, nu am putut să nu-mi amintesc că marele compozitor care a revărsat asupra lumii un asemenea potop de frumusețe era surd la fel ca mine. M-am minunat de puterea spiritului său neînfrânt, prin care din propria-i suferință a creat atâta bucurie pentru alții – şi am stat, simțind cu mâna simfonia magnifică izbindu-se precum marea de țărmul tăcut al sufletului său şi al meu.“[39]

---

23. Georgia O’Keeffe (1887–1986), pictoriță americană cunoscută pentru picturile în format mare ale unor forme naturale, îndeosebi flori şi oase, şi pentru reprezentarea zgârie-norilor din New York şi a unor peisaje şi elemente arhitecturale specifice părții de nord a statului New Mexico (n. tr.).

24. *Manacus manacus*, pasăre de mici dimensiuni (10–11 cm) care trăieşte în zonele tropicale ale Americii de Sud. Numele de manakin cu care sunt desemnate cele 54 de specii ale familiei *Pipridae* provine din cuvântul olandez *mannekijn*, „omuleț“ (n. tr.).

25. În engleză *bowerbird*, numele generic a 20 de specii de păsări din familia *Ptilonorhynchidae*, răspândite în Australia şi Noua Guinee (n. tr.).

26. Lucian Freud (1922–2011), pictor britanic, nepotul lui Sigmund Freud, cunoscut în egală măsură pentru talentul artistic şi comportamentul neconvenţional (n. tr.).

27. *Double Diamond*; gradul maxim de dificultate în clasificarea pârtiilor de schi (n. tr.).

28. Protagonistul adolescent al romanului *The Catcher in the Rye* (1951; *De veghe în lanul de secară*) al scriitorului american Jerome David Salinger (1919–2010) (n. tr.).

29. Personaj din romanul scriitorului american Nelle Harper Lee (n. 1926), *To kill a mocking bird* (1960; *Să ucizi o pasăre cântătoare*) (n. tr.).

30. Eroina unei serii de cărți pentru copii ale scriitorului american Lyman Frank Baum (1956–1919) despre imaginara țară Oz (n. tr.).

31. Unul dintre fiii lui Laomedon, regele Troiei, deci frate cu Priam. În tinerețe era foarte frumos. iar Eos, zeița zorilor, s-a îndrăgostit de el. Ea l-a rugat pe Zeus să-i acorde iubitului ei nemurirea, dar a uitat să ceară şi tinerețe veşnică. Cu trecerea anilor, Tithonos a îmbătrânit, devenind de nerecunoscut. La început, Eos l-a îngrijit, dar mai apoi l-a zăvorât într-o încăpere unde a rămas pe vecie. Într-o altă versiune, Eos l-a preschimbat într-o cicadă, cea mai zgomotoasă insectă, astfel încât să-i poată auzi mereu vocea (n. tr.).

32. *Sonetul 81*; trad. de Mihail Sebastian (n. tr.).

33. Traducere de Petru Dimofte (n. tr.).

34. Hellen Keller (1880–1968), autoare şi educatoare americană. La vârsta de 19 luni, în urma unei boli, a rămas oarbă şi surdă. Cu ajutorul profesoarei Anne Sullivan a învățat să simtă obiectele şi să le asocieze cuvinte transmise prin semnale făcute cu degetul în palma mâinii, să citească texte imprimate în relief şi să formeze ea însăşi propoziții aranjând cuvintele într-un cadru. A învățat de asemenea să vorbească şi să

„citească“ cuvintele rostite atingând buzele şi gâtul vorbitorului. Este autoarea mai multor cărți autobiografice (n. tr.).

9. DURATĂ ŞI NEPERMANENȚĂ

De la sublim la ultimul gând

Fiecare cultură posedă o idee de atemporal, o reprezentare venerată a permanenței. Suflete nemuritoare, povestiri sacre, zei atotputernici, legi eterne, artă transcendentă, teoreme matematice. Totuşi, cuprinzând categorii de la supranatural la abstracțiunea pură, permanența e un lucru la care noi, oamenii, râvnim, dar nu-l obținem niciodată. Momentele când ne apropiem cel mai mult – când senzația timpului a fost atenuată, fie ca urmare a unei întâlniri euforice sau tragice, a unui stimul meditativ sau chimic, a unei experiențe religioase sau artistice sublime – pot oferi experiențele cele mai formatoare ale vieții.

Cu decenii în urmă, împreună cu alți opt adolescenți, participam la un curs de supraviețuire în pădurile din Vermont. Într-o noapte târziu, când toți dormeam în corturile noastre, instructorii au zbierat la noi să ne sculăm şi să ne îmbrăcăm rapid. Urma să facem o plimbare nocturnă neprevăzută. Ținându-ne de mână şi mergând în şir indian prin întuneric, ne-am croit cu greu drum prin pădurea deasă, hățişurile stufoase şi, spre marea noastră plăcere, o mlaştină noroioasă adâncă până la brâu. Uzi, înghețați şi acoperiți de nămol, am ajuns în sfârşit într-un luminiş din apropiere, unde ni s-a spus că toți cei nouă ne vom petrece acolo restul nopții având numai trei saci de dormit. Înțelegând inutilitatea protestelor noastre, oricât de vehemente, am unit prin fermoare sacii de dormit, ne-am

dezbrăcat şi ne-am înghesuit sub acea plapumă improvizată. Mulți au înjurat, alții au promis să abandoneze cursul, câțiva au plâns. Dar atunci s-a arătat cea mai minunată privelişte. O auroră boreală strălucitoare a umplut cerul nopții. Nu mai văzusem niciodată aşa ceva. Vârtejurile diafane de lumină, spectaculosul amestec al culorilor, totul pe fondul unui număr aparent infinit de stele. Dintr-odată m-am aflat în alt loc. Excursia, mlaştina, frigul, înghesuiala trupurilor aproape goale – toate făceau acum parte dintr-o întoarcere în timpuri primordiale. Om, natură, univers. Întins pe pământ, eram învăluit de dansul luminilor. Fără nici una dintre înlesnirile civilizației, am fost absorbit de stelele îndepărtate. Nu ştiu cât timp am privit cerul înainte să mă cuprindă somnul, minute sau ore. Durata nu contează. Pentru un scurt moment, timpul s-a dizolvat.

Episoadele având această calitate atemporală sunt rare. Şi efemere. Timpul, în cea mai mare parte, e un însoțitor constant. Nepermanența stă la baza experienței. Venerăm absolutul, dar suntem legați de vremelnicie. Chiar şi acele trăsături ale cosmosului care par durabile – întinderea spațiului, galaxiile îndepărtate, materia – sunt, toate, sub stăpânirea timpului. Aşa cum vom vedea în acest capitol şi în următorul, universul şi tot ce conține el e nestatornic şi precar.

Evoluție, entropie şi viitor

Sub fațada stabilă a realității, ştiința a dezvăluit o dramă permanentă a agitației particulelor în care e tentant să atribuim evoluției şi entropiei rolul unor personaje încleştate într-o luptă perpetuă pentru control. În această viziune, evoluția construieşte

structuri, în vreme ce entropia le distruge. Pare o poveste mulțumitoare, dar, aşa cum am văzut în capitole anterioare, există un impediment: ea nu e întru totul adevărată. Asemenea multor schițe simplificate, ea conține un oarecare adevăr. Evoluția *este* implicată în construirea structurilor. Entropia *tinde* să degradeze structurile. Dar entropia şi evoluția nu trag neapărat în direcții opuse. Pasul entropic în doi permite unei structuri să prospere într-un loc, atâta timp cât entropia e expulzată altundeva. Viața, una dintre principalele realizări ale evoluției, întruchipează acest mecanism, consumând energie de calitate înaltă, folosind-o pentru a menține şi ameliora aranjamentele ordonate, şi expulzând în mediu reziduri entropice. De-a lungul a miliarde de ani, schimbul cooperativ între entropie şi evoluție a dat naştere unor aranjamente specifice desăvârşite, incluzând o viață şi o minte capabile să producă *Simfonia a IX-a* şi un număr incomparabil mai mare de vieți şi minți capabile să-i perceapă sublimul.

Ajunşi în acest punct al călătoriei care ne-a dus de la big bang la Beethoven şi îndreptându-ne spre viitor, vor continua evoluția şi entropia să fie factori decisivi care călăuzesc schimbarea? În ce priveşte evoluția darwinistă, s-ar putea crede că răspunsul e negativ.[1] Dependența succesului reproductiv de structura genetică este motivul pentru care selecția darwinistă conduce de mult timp corabia evoluției. O deosebire importantă în vremurile recente ține de intervenția medicinei moderne şi, în general, de protecția oferită de civilizație. Unor genotipuri care cu greu ar fi supraviețuit în vechea savană africană le merge foarte bine în New Yorkul de azi. În multe părți ale lumii, profilul genetic nu mai e factorul dominant care determină dacă mori în copilărie sau

zămisleşti o descendență numeroasă ca adult. Fireşte, nivelând porțiuni ale terenului de joc genetic, progresele moderne ajustează mai vechi presiuni selective, iar astfel exercită propriul tip de influență evolutivă. Cercetătorii semnalează de asemenea numeroase presiuni care induc tendințe în fondul genetic, între care obiceiurile alimentare (de exemplu, dietele bogate în produse lactate favorizează sistemele digestive în care producerea lactozei se prelungeşte dincolo de perioada copilăriei), condițiile de mediu (de exemplu, viața la mare altitudine favorizează adaptările pentru a supraviețui cu mai puțin oxigen) şi preferințele în alegerea partenerului (de exemplu, în unele țări înălțimea medie tinde să evolueze către staturi considerate mai atrăgătoare de persoanele active în reproducere).[2] Dar cel mai mare impact îl are pesemne capacitatea nou descoperită de a edita direct profilele genetice. Tehnici care progresează rapid pot extinde mecanismele variației genetice – mutațiile aleatorii şi amestecul sexual – pentru a include proiectul deliberat. Dacă un cercetător ar descoperi o reconfigurare genetică extinzând durata vieții la două sute de ani, având ca efecte secundare o piele azurie, o statură de trei metri şi un libido vorace pentru indivizi de aceeaşi culoare, evoluția ar acționa foarte vizibil, un grup autoselectat de umanoizi longevivi de tipul Na'vi[35] răspândindu-se rapid. Cu posibilitatea de a remodela în întregime viața şi, poate, de a proiecta o versiune de conştiință senzorială – biologică, artificială sau o varietate hibridă – ale cărei puteri să depăşească mult capacitățile noastre actuale, e greu de spus unde vor duce toate acestea.

Pentru entropie, răspunsul la întrebarea privind relevanța ei în viitor este cu siguranță afirmativ. Cu

multe capitole în urmă am văzut că legea a doua a termodinamicii e o consecință generală a aplicării raționamentului statistic legilor de bază ale fizicii. E posibil ca viitoare descoperiri să revizuiască legile pe care acum le considerăm fundamentale? Aproape sigur. Îşi vor păstra entropia şi legea a doua rolul explicativ proeminent? De asemenea, aproape sigur. În tranziția de la cadrul clasic la cel radical diferit al fizicii cuantice, aparatul matematic care descrie entropia şi legea a doua a necesitat o actualizare, dar fiindcă aceste concepte rezultă din raționamente probabilistice absolut generale, ele rămân la fel de valabile. Anticipăm că la fel se va întâmpla, indiferent de viitoarele evoluții în înțelegerea fizicii. Nu-i vorba că nu ne putem imagina legi fizice care să facă entropia şi legea a doua irelevante, dar aceste legi ar trebui să încalce flagrant caracteristicile realității inerente în tot ce ştim şi tot ce am măsurat, încât majoritatea fizicienilor exclud din capul locului o asemenea posibilitate.

În imaginarea viitorului, o incertitudine mai mare se leagă de controlul asupra mediului ce va putea fi exercitat de noi sau de o inteligență ce va să vină. Ar putea viața inteligentă să controleze destinul pe termen lung al stelelor, galaxiilor sau chiar al cosmosului în întregime? Ar putea o asemenea inteligență să transfere deliberat entropia la scări vaste, reducând-o efectiv pe întinderi enorme ale spațiului, o versiune la scară cosmică a pasului entropic în doi? Ar putea chiar avea capacitatea de a proiecta şi crea întregi noi universuri? Oricât de incredibile ar părea aceste acțiuni, ele se situează în limitele posibilului. Dilema pentru noi e că impactul lor asupra viitorului depăşeşte cu totul capacitatea noastră de predicție. Chiar şi într-o lume deterministă, din care lipseşte liberul-arbitru

tradițional, largul repertoriu comportamental al inteligenței – versiunea de libertate pe care o dobândeşte inteligența – face ca anumite tipuri de predicție să fie esențialmente imposibile. Fără îndoială că în viitor gândirea va dispune de metode şi tehnologii de calcul incomparabile, dar bănuiesc că prezicerea unor evoluții pe termen lung aflate în strânsă legătură cu viața şi inteligența va rămâne imposibilă.

Şi atunci, cum să procedăm?

Vom presupune că legile fizicii cunoscute în prezent, acționând în modul nedirijat în care e de presupus că au făcut-o de la big bang încoace, vor fi influența dominantă care călăuzeşte evoluția cosmică. Nu vom lua în considerare posibilitatea ca legile înseşi sau chiar „constantele“ numerice ale naturii să se schimbe. Nici posibilitatea ca aceste legi sau constante să se modifice deja lent, modificări care în prezent sunt poate prea mici ca să lase vreo urmă, dar care s-ar putea să existe, iar la o scară temporală vastă să se acumuleze, ducând la schimbări substanțiale.[3] Şi nici posibilitatea ca domeniul asupra căruia o viitoare inteligență va exercita un control structural să se extindă la scara galaxiilor şi mai departe. Într-adevăr, sunt o mulțime de „nu“ şi „nici“. Dar, în lipsa oricăror dovezi care să ne călăuzească, investigarea acestor posibilități ar însemna să bâjbâim în întuneric. Dacă aceste presupuneri contravin aşteptărilor voastre privind viitorul, puteți considera că expunerea din capitolul de față şi din cel următor reflectă evoluții cosmologice care s-ar produce în absența unor asemenea schimbări sau a unei intervenții inteligente. Bănuiala mea este că clarificările aduse de viitoare descoperiri, precum şi influențele exercitate de viitoare inteligențe, deşi neîndoios

relevante pentru detaliile expunerii care urmează, nu vor necesita rescrierea în întregime a evoluției cosmice pe care o vom examina.[4] O presupunere îndrăzneață, poate, dar este drumul cel mai rapid pentru a înainta, şi îl vom urma cu curaj.[5]

Aşa cum va reieşi limpede din paginile ce urmează, însuşi faptul că putem însăila o expunere convingătoare, chiar dacă provizorie, care conturează evoluția cosmică exponențial de departe în viitor, este o realizare extraordinară, modelată de mâinile multora şi la fel de emblematică pentru năzuința umană către coerență ca şi cele mai prețuite poveşti, mituri, religii şi creații artistice ale speciei noastre.

Un imperiu al timpului

Cum trebuie să ne organizăm gândirea asupra viitorului? Intuiția umană este rezonabil de bine adaptată pentru a înțelege scările temporale ale experienței comune, dar în analizarea unor ere cosmologice cheie ale viitorului vom pătrunde în domenii temporale atât de vaste, încât şi cele mai bune analogii pot oferi doar o idee vagă despre duratele implicate. Nu există însă o cale mai bună decât analogiile bazate pe dimensiuni familiare pentru a oferi repere într-o asemenea ascensiune nefamiliară; de aceea, să ne imaginăm că cronologia universului se extinde pe înălțimea lui Empire State Building, fiecare etaj reprezentând o durată de zece ori mai mare decât precedentul. Primul etaj reprezintă primii zece ani după big bang, al doilea etaj reprezintă o sută de ani, al treilea o mie de ani etc. Cum arată limpede numerele, duratele cresc rapid pe măsură ce urcăm de la un etaj la altul – simplu de spus, dar uşor de interpretat greşit. A urca,

să zicem, de la etajul 12 la etajul 13 echivalează cu a examina universul de la un bilion la zece bilioane de ani după big bang. În ascensiunea acelui singur etaj s-au scurs nouă bilioane de ani, considerabil mai mult decât întreaga durată reprezentată de toate etajele precedente. Acelaşi tipar rămâne valabil pe măsură ce continuăm să urcăm: durata reprezentată de fiecare etaj e cu mult mai mare, exponențial mai mare, decât durata reprezentată de etajele inferioare.

Durata unei vieți umane fiind de aproximativ o sută de ani, imperiile durabile rezistând în jur de o mie de ani, speciile vivace perpetuându-se milioane de ani, etajele tot mai înalte ale Empire State Building reprezintă durate de un tip cu totul aparte, aparent veşnice. Când ajungem pe platforma de observație a zgârie-norului de la etajul 86, se vor fi scurs 10^{86} ani – 100.000.000.000

Primii noştri strămoşi, chiar fără să înțeleagă că Soarele scaldă Pământul într-o ploaie continuă de energie cu entropie scăzută esențială pentru viață, au recunoscut importanța fundamentală a ochiului vigilent al cerului, o prezență arzătoare care supraveghează toată forfota existenței cotidiene. Când Soarele apunea, ei ştiau că va răsări din nou, producând cel mai remarcabil şi mai de încredere tipar din lume. Dar, la fel de sigur, cândva ritmul acesta va înceta.

Timp de aproape cinci miliarde de ani, Soarele şi-a susținut masa imensă împotriva forței zdrobitoare a gravitației prin energia produsă de fuziunea nucleelor de hidrogen în miezul său. Acea energie alimentează un mediu frenetic de particule în mişcare rapidă care exercită o puternică presiune spre exterior. Şi, la fel cum presiunea produsă de o pompă de aer susține o jucărie gonflabilă, presiunea produsă de fuziune susține Soarele, împiedicându-l să colapseze sub propria-i greutate enormă. Starea aceasta de echilibru dinamic între gravitația care atrage spre interior şi particulele care împing spre exterior se va menține încă vreo cinci miliarde de ani. Apoi echilibrul se va rupe. Deşi Soarele va fi încă plin cu nuclee de hidrogen, prea puține se vor mai afla în miezul său. Fuziunea hidrogenului produce heliu, nuclee care sunt mai grele şi mai dense decât hidrogenul, iar la fel cum nisipul aruncat într-un iaz dezlocuieşte apa şi se depune pe fund, heliul dezlocuieşte hidrogenul şi umple centrul Soarelui.

Aceasta are consecințe majore.

În centrul Soarelui sunt cele mai mari temperaturi, în prezent aproximativ cincisprezece milioane de grade, mult peste cele zece milioane de grade necesare pentru fuziunea hidrogenului în

heliu. Dar fuziunea nucleelor de heliu necesită o temperatură în jur de o sută de milioane de grade. Întrucât temperatura Soarelui e departe de acest prag, pe măsură ce heliul înlocuieşte hidrogenul din zona centrală, rezerva de combustibil de fuziune scade. Presiunea spre exterior generată prin producerea energiei de fuziune în centru va scădea, şi ca urmare atracția gravitațională spre interior va ajunge să domine. Soarele va începe să implodeze. Concomitent cu colapsul impunătoarei sale mase, temperatura Soarelui va creşte vertiginos. Presiunea şi căldura intensă, dar încă departe de condițiile necesare pentru a începe combustia heliului, vor declanşa o nouă rundă de fuziune într-un strat subțire de nuclee de hidrogen care înconjoară miezul de heliu. În aceste condiții extreme, fuziunea hidrogenului va decurge într-un ritm extraordinar de rapid, generând o presiune spre exterior mai intensă decât oricând înainte, care nu numai că opreşte implozia, dar face ca Soarele să se dilate colosal.

Soarta planetelor interioare depinde de echilibrul dintre doi factori. Cât de mult se va dilata Soarele? Iar, în acest proces, câtă masă va pierde? Ultima întrebare este relevantă deoarece, cu motorul nuclear funcționând la capacitatea maximă, un mare număr de particule din stratul exterior al Soarelui vor fi expulzate constant în spațiu. Pe de altă parte, un Soare cu o masă mai mică va exercita o atracție gravitațională mai slabă, făcând ca planetele să migreze pe orbite mai îndepărtate. Condiția ca raza traiectoriei unei planete să depăşească dilatarea Soarelui determină viitorul acelei planete.

Simulările pe calculator care includ modele solare detaliate conchid că Mercur va pierde cursa şi va fi înghițit de Soarele dilatat, vaporizându-se rapid. Marte, orbitând la o distanță mai mare, are un

avantaj din start, şi va fi în siguranță. Soarta lui Venus e probabil pecetluită, deşi din unele simulări rezultă că raza noii sale orbite – deci şi a Pământului – va fi ceva mai mare decât cea a Soarelui.[6] Dar, chiar dacă Pământul va fi cruțat, condițiile aici se vor schimba drastic. Temperatura la suprafața lui va ajunge la câteva mii de grade, suficient pentru a evapora oceanele, a expulza atmosfera şi a inunda suprafața cu lavă topită. Condiții neplăcute, fără îndoială, dar giganticul Soare roşu revărsat pe cer va fi o privelişte impresionantă. Privelişte pe care, aproape sigur, nu o va vedea nimeni. Dacă urmaşii noştri vor supraviețui (reuşind să evite autodistrugerea, agenții patogeni letali, dezastrele ecologice, asteroizii mortali şi invaziile extraterestre, între alte posibile catastrofe) şi vor dori să prospere în continuare, ei vor fi abandonat de mult Pământul în căutarea unui cămin mai ospitalier.

Pe măsură ce nucleele de hidrogen care înconjoară miezul de heliu al Soarelui continuă să fuzioneze, heliul suplimentar astfel produs va cădea spre centru, forțând miezul să se contracte şi mai mult şi producând o nouă creştere a temperaturii. La rândul ei, temperatura mai mare va accelera ciclul: viteza fuziunii hidrogenului în stratul înconjurător creşte, furtuna de heliu ce se abate asupra miezului se intensifică, iar temperatura atinge valori şi mai înalte. Peste aproximativ cinci miliarde şi jumătate de ani, temperatura în centrul Soarelui va fi în sfârşit suficient de mare pentru a permite combustia nucleară a heliului, producând carbon şi oxigen. După o erupție spectaculoasă, dar de scurtă durată, marcând tranziția la fuziunea heliului ca sursă dominantă de energie a Soarelui, acesta se va contracta şi se va stabiliza într-o configurație mai puțin agitată.

Dar nou-găsita stabilitate va dura relativ puțin. În aproximativ o sută de milioane de ani, la fel cum heliul mai greu a dezlocuit hidrogenul mai uşor, carbonul şi oxigenul, mai grele, vor face acelaşi lucru cu heliul, ocupând miezul Soarelui şi expulzând heliul în straturile înconjurătoare. Combustia nucleară a noilor constituenți ai miezului, carbon şi oxigen, necesită temperaturi şi mai înalte, cel puțin şase sute de milioane de grade. Cum temperatura în centrul Soarelui e mult sub acest prag, istoria se repetă: fuziunea nucleară se opreşte, iar atracția gravitațională spre interior ajunge dominantă, drept care Soarele începe să se contracte, şi temperatura în centru creşte din nou.

În faza precedentă a acestui ciclu, creşterea temperaturii a declanşat fuziunea într-un strat de hidrogen care înconjoară miezul inert de heliu. Acum, creşterea temperaturii declanşează fuziunea într-un strat de heliu care înconjoară miezul inert de carbon şi oxigen. Dar, în caruselul acesta, temperatura în centru nu va atinge niciodată valoarea necesară pentru reinițierea combustiei nucleare. Masa Soarelui e prea mică, iar contracția nu reuşeşte să crească temperatura suficient pentru a iniția fuziunea carbonului şi oxigenului în nuclee mai grele şi mai complexe, cum se întâmplă în stelele mai masive. În schimb, pe măsură ce stratul de heliu arde, inundând miezul cu carbon şi oxigen proaspăt produse, miezul va continua să se contracte până când un fenomen cuantic – rezultând din *principiul de excluziune al lui Pauli* – opreşte implozia.[7]

În 1925, fizicianul austriac Wolfgang Pauli, un pionier al fizicii cuantice faimos pentru sarcasmul său („Nu mă deranjează că gândeşti încet; mă deranjează că publici mai repede decât gândeşti“[8]), a

înțeles că mecanica cuantică impune o limită pentru apropierea dintre doi electroni (mai precis, mecanica cuantică interzice ca două particule identice să ocupe aceeaşi stare cuantică[36], dar descrierea aproximativă e suficientă). Curând după aceea, cercetătorii au demonstrat că rezultatul lui Pauli, deşi se referă la microparticule, e esențial pentru a înțelege destinul Soarelui şi al tuturor stelelor cu o masă similară. Pe măsură ce Soarele se contractă, electronii din miezul său sunt înghesuiți tot mai strâns, până când densitatea electronilor atinge limita specificată de rezultatul lui Pauli. Când continuarea contracției ar încălca principiul lui Pauli, intervine o puternică forță de repulsie cuantică, electronii rămân pe poziție, îşi reclamă spațiul personal şi refuză să fie şi mai strâns împachetați. Contracția Soarelui se opreşte.[9]

Departe de centru, straturile exterioare ale Soarelui vor continua să se extindă şi să se răcească, iar până la urmă se vor pierde în spațiu, lăsând în urmă o sferă de carbon şi oxigen uimitor de densă, o aşa-numită stea pitică albă, care va străluci timp de încă câteva miliarde de ani. Fără temperatura necesară pentru alte reacții de fuziune nucleară, energia termică se va disipa încet în spațiu, iar, asemenea ultimelor licăriri ale unui tăciune, rămăşița Soarelui se va răci şi va păli, transformându-se într-un glob înghețat şi întunecat. Cu câteva trepte deasupra etajului 10, Soarele va deveni negru.

Este un sfârşit paşnic, mai ales în comparație cu finalul cataclismic care ar putea să aştepte întregul univers în timp ce continuăm să urcăm spre etajul următor.

Marea destrămare

Aruncați un măr în sus, iar atracția implacabilă a gravitației terestre îi va încetini treptat viteza. E un exercițiu banal, dar cu profundă semnificație cosmologică. Încă de la observațiile lui Edwin Hubble din anii 1920 ştim că spațiul se extinde: galaxiile se îndepărtează rapid unele de altele.[10] Dar, la fel cum se întâmplă cu mărul, atracția gravitațională a fiecărei galaxii asupra tuturor celorlalte va trebui negreşit să încetinească exodul cosmic. Spațiul se extinde, dar viteza expansiunii trebuie să scadă. În anii 1990, două echipe de astronomi au purces să măsoare ritmul încetinirii cosmice. După aproape un deceniu de eforturi, ei şi-au anunțat rezultatele – şi au şocat lumea ştiințifică.[11] Aşteptările erau greşite. Prin observații minuțioase ale unor explozii de supernovă îndepărtate, faruri puternice care pot fi văzute şi măsurate cu claritate de la un capăt la altul al cosmosului, ei au descoperit că expansiunea nu încetineşte, ci e accelerată. Iar această ambalare cosmică nu datează de azi, de ieri. Cercetătorii consternați s-au aflat în fața unor observații astronomice care stabileau că expansiunea prinde viteză de cinci miliarde de ani încoace.

Expectativa unei decelerări a expansiunii fusese larg împărtăşită, fiindcă era logică. A propune o expansiune accelerată a spațiului este, la prima vedere, la fel de absurd ca a prezice că un măr aruncat uşurel în sus va țâşni spre cer precum o rachetă. Dacă am vedea un asemenea fenomen bizar, am căuta o forță ascunsă, o influență scăpată din vedere, răspunzătoare de propulsarea mărului. În mod similar, când datele au furnizat dovezi copleşitoare că expansiunea spațiului e accelerată, cercetătorii şi-au venit în fire, s-au aprovizionat cu cretă şi au pornit în căutarea cauzei.

Principala explicație invocă o caracteristică esențială a relativității generale a lui Einstein pe care am întâlnit-o în discuția despre cosmologia inflaționară din capitolul 3.[12] Să ne amintim că, potrivit atât lui Newton, cât şi lui Einstein, agregate de materie precum planetele şi stelele exercită familiara atracție gravitațională, dar în abordarea lui Einstein repertoriul gravitației se lărgeşte. Dacă o regiune a spațiului nu conține nici un agregat material, ci e umplută uniform cu un câmp de energie – imaginea mea preferată, prezentată anterior, este aburul care umple uniform o saună –, forța gravitațională rezultantă e repulsivă. În cosmologia inflaționară, cercetătorii presupun că o astfel de energie e conținută într-un tip exotic de câmp (câmpul inflaton), iar, conform teoriei, puternica sa gravitație repulsivă a declanşat big bang-ul. Deşi acel eveniment s-a produs cu aproape paisprezece miliarde de ani în urmă, putem urma o abordare analoagă pentru a explica expansiunea accelerată a spațiului pe care o observăm în prezent.

Dacă ne imaginăm că întregul spațiu e umplut uniform cu un alt câmp de energie – o numim *energie întunecată* fiindcă nu generează lumină, dar *energie invizibilă* ar fi la fel de potrivit –, putem explica de ce galaxiile se îndepărtează în mare grabă unele de altele. Fiind agregate de materie, galaxiile exercită gravitație atractivă, atrăgându-se reciproc şi încetinind astfel exodul cosmic. Fiind răspândită uniform, energia întunecată exercită gravitație repulsivă, împingând spre exterior, iar astfel accelerând exodul cosmic. Pentru a explica expansiunea accelerată observată de astronomi, pur şi simplu trebuie ca forța de respingere a energiei întunecate să depăşească atracția colectivă a galaxiilor. Şi nu cu mult. În comparație cu dilatarea

violentă a spațiului la big bang, în prezent expansiunea e domoală, aşa încât o cantitate infimă de energie întunecată e suficientă. Într-adevăr, într-un metru cub tipic de spațiu, cantitatea de energie întunecată necesară pentru a asigura accelerarea observată a galaxiilor ar ține aprins un bec de 100 W timp de aproximativ cinci bilionimi (5×10^{-12}) de secundă – ridicol de puțin.[13] Dar spațiul conține o mulțime de metri cubi. Forța repulsivă cu care contribuie fiecare dintre aceştia se combină, rezultând o forță îndreptată spre exterior capabilă să producă expansiunea accelerată măsurată de astronomi.

Argumentele în favoarea energiei întunecate sunt pasionante, dar indirecte. Nimeni n-a descoperit o metodă prin care să capteze energia întunecată, să-i stabilească existența şi să-i examineze direct proprietățile. Cu toate acestea, fiindcă justifică atât de bine observațiile, energia întunecată a devenit explicația de facto pentru expansiunea accelerată a spațiului. Mai puțin clar însă e comportamentul pe termen lung al energiei întunecate. Iar pentru a prevedea viitorul îndepărtat, e esențială examinarea sistematică a tuturor posibilităților. În cea mai simplă variantă, compatibilă cu toate observațiile, valoarea energiei întunecate nu se schimbă la scara timpului cosmic.[14] Dar simplitatea, deşi preferabilă conceptual, nu are nici un drept fundamental asupra adevărului. Descrierea matematică a energiei întunecate îi permite acesteia să scadă, punând frână expansiunii accelerate, sau să crească, accelerând şi mai mult expansiunea. Privind de la etajul 11, această din urmă situație – gravitație repulsivă care devine mai puternică – e posibilitatea cea mai nefavorabilă; dacă se realizează, ne precipităm către un final violent pe care fizicienii îl numesc marea

destrămare [*big rip*].

În timp, o forță gravitațională repulsivă tot mai puternică ar triumfa asupra oricărei forțe de coeziune, cu rezultatul că totul s-ar dezagrega. Corpul nostru e menținut intact de forța electromagnetică, care leagă laolaltă constituenții atomici şi moleculari, precum şi de forța nucleară tare, care leagă laolaltă protonii şi neutronii în interiorul nucleelor atomice. Fiindcă aceste forțe sunt mult mai puternice decât împingerea provocată în prezent de expansiunea spațiului, corpul rămâne intact. Dacă vă lățiți, nu e din cauza expansiunii spațiului. Dar dacă intensitatea forței repulsive devine tot mai mare, spațiul din interiorul corpului va ajunge să exercite o asemenea presiune expansionistă, încât va învinge forțele electromagnetică şi nucleară care ne mențin integritatea. Ne vom umfla, iar în cele din urmă vom exploda, la fel ca tot restul.

Amănuntele depind de ritmul în care creşte gravitația repulsivă, dar, într-un exemplu reprezentativ calculat de fizicienii Robert Caldwell, Marc Kamionkowski şi Nevin Weinberg, peste aproximativ douăzeci de miliarde de ani gravitația repulsivă va dezagrega roiurile de galaxii; circa un miliard de ani mai târziu, stelele care alcătuiesc Calea Lactee se vor risipi ca scânteile unui foc de artificii; peste încă vreo şaizeci de milioane de ani, Pământul şi celelalte planete ale sistemului solar vor fi expulzate din vecinătatea Soarelui; câteva luni mai târziu forța gravitațională repulsivă dintre molecule va face ca stelele şi planetele să explodeze, şi vor trebui să mai treacă doar treizeci de minute pentru ca respingerea dintre particulele care constituie atomii individuali să devină atât de puternică, încât până şi aceştia să se destrame.[15]

Starea finală a universului depinde de natura cuantică a spațiului şi timpului, în prezent necunoscută. În termeni vagi, lipsiți deocamdată de rigoare matematică, e posibil ca gravitația să sfâşie în bucăți însăşi țesătura spațiului-timp. Realitatea a început cu o explozie, iar cândva, înainte să ajungem la etajul 11, o sută de miliarde de ani mai târziu, ea s-ar putea încheia cu o destrămare.

Deşi observațiile actuale admit posibilitatea ca energia întunecată să devină mai puternică, eu şi mulți alți fizicieni considerăm că e improbabil. Când studiez ecuațiile, rămân cu senzația că da, matematica funcționează, deşi cu greu, dar nu, ecuațiile nu sunt naturale sau convingătoare. Este o apreciere bazată pe decenii de experiență, nu o demonstrație matematică, aşa încât, desigur, ar putea fi greşită. Ea ne oferă însă suficiente motive pentru a fi optimişti şi a presupune că marea destrămare nu va face ca următoarele etaje ale Empire State Building să fie irelevante. Acestea fiind zise, să continuăm ascensiunea pe firul timpului.

Nu e nevoie să urcăm prea mult pentru a întâlni următorul eveniment crucial.

Falezele spațiului

Dacă intensitatea forței gravitaționale repulsive nu creşte, ci rămâne constantă, putem cu toții respira uşurați; nu trebuie să ne mai îngrijorăm că vom fi făcuți fărâme de expansiunea spațiului. Dar fiindcă gravitația repulsivă va continua să îndepărteze galaxiile într-un ritm accelerat, pe termen lung ea va avea totuşi o consecință profundă: peste aproximativ un bilion de ani, viteza de recesie a galaxiilor îndepărtate va atinge şi va depăşi viteza luminii – părând astfel să încalce cea mai faimoasă regulă din

universul lui Einstein. O analiză mai atentă arată că, de fapt, regula rămâne valabilă: afirmația lui Einstein că nimic nu poate depăşi viteza luminii se referă doar la viteza obiectelor care se mişcă *prin* spațiu. Galaxiile abia dacă se mişcă prin spațiu. Ele nu sunt dotate cu motoare de rachetă. La fel cum petele de vopsea albă de pe o bucată de spandex se îndepărtează unele de altele atunci când materialul se întinde, galaxiile sunt, în cea mai mare parte, țintuite de țesătura spațiului-timp şi se îndepărtează unele de altele fiindcă spațiul se dilată. Cu cât două galaxii sunt mai departe una de alta, cu atât între ele există mai mult spațiu care să se dilate, şi cu atât ele se vor îndepărta mai rapid. Legea lui Einstein nu impune nici o limită pentru viteza unei asemenea îndepărtări.

Limita vitezei luminii rămâne totuşi semnificativă. Lumina emisă de fiecare galaxie se deplasează *prin* spațiu. La fel cum un caiacist nu va înainta dacă vâsleşte împotriva curentului cu o viteză mai mică decât a acestuia, lumina emisă de o galaxie care se îndepărtează cu o viteză mai mare decât cea a luminii nu va avea nici o şansă să ajungă până la noi. Străbătând spațiul, lumina nu poate învinge distanța până la Pământ, care creşte cu o viteză superioară celei a luminii. Drept urmare, atunci când viitorii astronomi vor privi dincolo de stelele învecinate, îndreptându-şi telescoapele către adâncurile cerului nocturn, ei nu vor vedea decât bezna de nepătruns. Galaxiile îndepărtate vor fi alunecat dincolo de limitele a ceea ce astronomii numesc orizontul cosmic. Va fi ca şi cum ele ar fi căzut de pe o faleză aflată la marginea spațiului.

M-am concentrat asupra galaxiilor îndepărtate fiindcă cele aflate relativ aproape, un roi de aproximativ treizeci de galaxii numit Grupul Local,

vor continua să fie însoțitorii noştri cosmici. Într-adevăr, când vom ajunge la etajul 11, Grupul Local, dominat de galaxiile Calea Lactee şi Andromeda, probabil că se vor fi contopit într-o preconizată viitoare uniune pe care astronomii au botezat-o Lactomeda (eu aş fi votat pentru Androlactea).[37] Stelele din Lactomeda vor fi suficient de aproape unele de altele pentru ca atracția gravitațională reciprocă să reziste expansiunii spațiului şi să mențină intactă asociația stelară. Dar întreruperea contactului cu galaxiile mai îndepărtate va fi o pierdere enormă. Prin observarea minuțioasă a galaxiilor îndepărtate, Edwin Hubble a înțeles pentru prima oară că spațiul se extinde, o descoperire confirmată şi rafinată de un secol de observații ulterioare. Fără acces la galaxiile îndepărtate, vom pierde un instrument de diagnosticare fundamental pentru a urmări expansiunea spațiului. Datele care ne-au călăuzit către înțelegerea big bang-ului şi a evoluției cosmice nu vor mai fi disponibile.

Astronomul Avi Loeb a sugerat că stelele cu viteză mare care vor scăpa continuu din Lactomeda pierzându-se în adâncurile spațiului ar putea oferi un substitut pentru galaxiile îndepărtate, la fel cum floricelele de porumb aruncate de pe o plută ne permit să urmărim curenții în aval. Dar chiar şi Loeb admite că accelerarea implacabilă a expansiunii va avea un impact devastator asupra capacității viitorilor astronomi de a efectua măsurători cosmologice precise.[16] Ca exemplu elocvent, la etajul 12, aproximativ un bilion de ani după big bang, extrem de importanta radiație cosmică de fond de microunde, care ne-a călăuzit investigațiile cosmologice în capitolul 3, va fi atât de extinsă şi de diluată de expansiunea cosmică (în jargonul tehnic,

atât de *deplasată spre roşu*), încât probabil că va fi imposibil de detectat.

Aceasta ne face să ne întrebăm: Presupunând că datele pe care le-am adunat şi care stabilesc că universul este în expansiune ar fi cumva păstrate şi transmise astronomilor de peste un bilion de ani, oare ei le-ar crede? Folosind echipamentul de ultimă oră, rodul unui bilion de ani de progres tehnologic, ei vor vedea un univers care la cele mai mari distanțe e cât se poate de negru, etern şi imuabil. Ne putem imagina că ei vor ignora nişte rezultate stranii provenite dintr-o eră veche şi primitivă – a noastră –, şi în schimb vor accepta concluzia eronată că, în ansamblu, universul e static.

Chiar şi într-o lume supusă unei creşteri implacabile a entropiei, ne-am obişnuit cu ideea că măsurătorile sunt mereu mai precise, bazele de date cresc permanent, cunoaşterea e tot mai rafinată. Expansiunea accelerată a spațiului poate submina aceste aşteptări. Ea poate face ca informații esențiale să se îndepărteze atât de repede, încât să devină inaccesibile. Pentru urmaşii noştri, adevăruri profunde ar putea fi ca semnalele invizibile ale unui far aflat dincolo de orizont.

Amurgul stelelor

Primele stele au început să se formeze la etajul 8, aproximativ o sută de milioane de ani după big bang, şi ele vor continua să se formeze atâta timp cât va exista materia primă necesară. Şi cât timp va mai exista? Ei bine, lista ingredientelor e scurtă: e nevoie doar de un nor de hidrogen suficient de mare. Aşa cum am văzut, gravitația ia în primire norul, îl comprimă încet, îi încălzeşte miezul şi inițiază fuziunea nucleară. Cunoscând cantitatea de gaz

conținută de galaxie şi viteza cu care formarea stelelor epuizează rezervele de gaz, putem estima cât timp va mai continua acest proces. Există subtilități care complică socotelile (viteza de formare a stelelor într-o galaxie se poate modifica în timp; pe măsură ce ard, stelele redau galaxiei o parte din compoziția lor gazoasă, refăcând rezervele), dar, pe baza unor calcule riguroase, cercetătorii au conchis că la etajul 14, peste aproximativ o sută de bilioane de ani, în marea majoritate a galaxiilor formarea stelelor va înceta.

Continuând să urcăm, vom mai observa şi altceva. Stelele se vor stinge. Cu cât o stea e mai masivă, cu atât miezul ei se comprimă mai mult sub propria-i greutate, şi temperatura centrală e mai mare. Iar o temperatură mai mare duce la creşterea vitezei reacțiilor de fuziune, deci la consumarea mai rapidă a rezervelor nucleare ale stelei. Dacă Soarele va străluci aproximativ zece miliarde de ani, stelele mult mai masive îşi epuizează combustibilul nuclear într-un timp mult mai scurt. Dimpotrivă, stelele de categorie muscă, cu o masă minimă de aproximativ o zecime din cea a Soarelui, ard mai lent, şi prin urmare au o viață mult mai lungă. Astronomii folosesc termenul generic de *pitică roşie* pentru o diversitate de asemenea stele cu masă redusă, iar potrivit observațiilor probabil că ele constituie majoritatea stelelor din univers. Temperaturile lor relativ scăzute şi arderea lentă, metodică, a hidrogenului (curenții de convecție din interiorul unei pitice roşii fac ca aproape întreaga provizie de hidrogen a stelei să fie arsă în miez) permit piticelor roşii să continue să strălucească timp de multe bilioane de ani, de mii de ori durata de viață a Soarelui. Dar la etajul 14, chiar şi cea mai longevivă pitică roşie va rămâne fără combustibil.

Şi astfel, urcând mai departe, galaxiile vor semăna cu oraşele pârjolite ale unui viitor distopic. Cerul nopții, cândva însuflețit şi plin de stele strălucitoare, va fi populat acum cu tăciuni stinşi. Dar, fiindcă atracția gravitațională a unei stele depinde numai de masa ei, indiferent dacă ea străluceşte cu putere sau doar mocneşte, majoritatea stelelor care găzduiesc planete o vor face şi în continuare.

Preț de încă un etaj.

Amurgul ordinii astronomice

Privind cerul senin al nopții avem impresia că galaxia e înțesată cu stele. Nu este. Deşi pare că stelele sunt dispuse la mică distanță una de alta pe o sferă care ne înconjoară, deoarece distanțele lor față de Pământ sunt foarte diferite – o caracteristică pe care ochii noştri slabi şi apropiați între ei nu reuşesc s-o perceapă –, în realitate stelele sunt foarte departe unele de altele. Dacă am reduce Soarele la mărimea unui grăunte de zahăr şi l-am aşeza pe Empire State Building, ar trebui să mergem până la Greenwich, în Connecticut, pentru a ne întâlni cu Proxima Centauri, vecina noastră stelară cea mai apropiată. Şi nu ar fi nevoie să ne grăbim pentru a fi siguri că Proxima va mai fi la Greenwich când vom ajunge noi acolo. La această scară, vitezele stelare tipice se situează sub un milimetru pe oră. Ca într-un joc de-a prinselea jucat de nişte melci risipiți pe o suprafață întinsă, doar rareori stelele se vor ciocni sau măcar vor trece aproape una de alta.

Concluzia aceasta se bazează însă pe duratele familiare – ani, secole, milenii – şi ca atare trebuie reconsiderată în lumina scărilor temporale mult mai vaste pe care le examinăm acum. La etajul 15 vor fi

trecut un milion de miliarde de ani de la big bang. Iar pe acea durată sunt mari şanse ca stelele lente şi distanțate din prezent să fi avut parte de numeroase întâlniri apropiate. Ce se va întâmpla într-o asemenea întâlnire?

Să ne concentrăm asupra Pământului şi să ne imaginăm că o altă stea trece prin apropiere. În funcție de masa şi traiectoria intrusului, s-ar putea ca atracția lui gravitațională să perturbe doar puțin mişcarea Pământului. Un intrus cu masă mică şi care păstrează o distanță apreciabilă nu va face ravagii. Dar atracția gravitațională a unei stele mai masive care trece mai aproape ar putea cu uşurință smulge Pământul de pe orbită şi să-l expulzeze din sistemul solar de-a dreptul în adâncurile spațiului. Iar ceea ce e valabil pentru Pământ e valabil pentru majoritatea celorlalte planete care se rotesc în jurul majorității celorlalte stele din majoritatea celorlalte galaxii. Pe măsură ce urcăm pe firul timpului, tot mai multe planete vor fi azvârlite în spațiu de atracția gravitațională perturbatoare a unor stele năbădăioase. De fapt, deşi e extrem de improbabil, Pământul ar putea suferi soarta aceasta mult înainte ca Soarele să se stingă.

Dacă s-ar întâmpla aşa ceva, temperatura Pământului ar scădea continuu odată cu îndepărtarea de Soare. Straturile superioare ale oceanelor ar îngheța, la fel ca tot ce a mai rămas pe suprafață. Gazele atmosferice, preponderent azot şi oxigen, s-ar lichefia şi ar cădea ca o ploaie. Ar putea viața continua? La suprafața Pământului, greu de crezut. Dar, aşa cum am văzut, viața prosperă – şi e posibil chiar să fi apărut – în preajma orificiilor hidrotermale răspândite pe fundul oceanelor. Lumina Soarelui nu poate pătrunde până la asemenea adâncimi, aşa încât orificiile ar fi puțin

afectate de absența Soarelui. În schimb, o mare parte a energiei care le alimentează provine din reacții nucleare difuze, dar continue.[17] Interiorul planetei noastre conține un depozit de elemente radioactive (mai ales toriu, uraniu şi potasiu), iar pe măsură ce aceşti atomi instabili se dezintegrează, ei emit un flux de particule care încălzesc mediul. Aşadar, indiferent dacă Pământul se bucură sau nu de căldura generată de fuziunea nucleară din Soare, el va continua să se bucure de căldura generată de fisiunea nucleară din interiorul său. Dacă Pământul ar fi expulzat din sistemul solar, e posibil ca viața pe fundul oceanelor să continue timp de miliarde de ani ca şi cum nimic nu s-ar fi întâmplat.

Ciocnirile dintre stele vor dezagrega nu doar sisteme solare, ci, pe perioade şi mai lungi, vor dezagrega şi galaxii. În întâlnirile apropiate sau, mult mai rar, în ciocnirile frontale dintre stele rătăcitoare, tendința este ca viteza stelei mai masive să scadă, iar a celei mai uşoare să crească. (Aşezați o minge de ping-pong pe una de baschet şi lăsați-le să cadă; veți vedea că atunci când ansamblul loveşte solul şi ricoşează, ciocnirea provoacă o creştere impresionantă a vitezei mingii de ping-pong.)[19] La fiecare asemenea întâlnire, schimbările vor fi îndeobşte modeste, dar pe durate vaste de timp efectul lor cumulativ poate produce schimbări semnificative ale vitezelor stelare. Rezultatul va fi un inventar staționar de stele lansate cu o viteză atât de mare, încât evadează din galaxia lor. Calcule detaliate arată că între etajele 19 şi 20, galaxiile tipice vor fi golite din cauza acestui proces. Stelele lor, majoritatea resturi incinerate, vor fi expulzate şi lăsate să rătăcească fără țintă prin spațiu.[20]

Omniprezenta ordine astronomică manifestată în sisteme solare şi galaxii se va dizolva; aceste

structuri, atât de răspândite în prezent, vor deveni tipare pe care universul le-a retras din circulație.

Undele gravitaționale şi curățenia finală

Dacă Pământul are noroc şi nu e înghițit la etajul 11 de Soarele dilatat, şi dacă nu e expulzat de vizita perturbatoare a vecinilor stelari, soarta lui finală va fi decisă de o caracteristică minunată a teoriei relativității generale, *undele gravitaționale*.

În explicarea spațiului-timp curb, ideea centrală, dar abstractă a relativității generale, fizicienii recurg adesea la o metaforă familiară: reprezentăm planetele care se rotesc în jurul unei stele ca nişte mici bile rostogolindu-se pe o folie de cauciuc deformată de o bilă de bowling aşezată în mijloc. Dar se pune atunci întrebarea: De ce planetele nu urmează o traiectorie spirală, sfârşind prin a cădea pe stea? Doar asta e soarta inevitabilă a bilelor.[21] Răspunsul este că bilele se rostogolesc în spirală spre interior fiindcă pierd energie prin frecare. Într-adevăr, nu e nevoie de echipamente sofisticate pentru a detecta dovezi în acest sens: o parte din energia pierdută ajunge la urechile noastre, permițându-ne să auzim rostogolirea bilelor pe folia de cauciuc. Planetele îşi mențin mişcarea orbitală, fiindcă în spațiul vid practic nu există frecare.

Chiar dacă frecarea nu este un factor, o planetă pierde o cantitate mică de energie la fiecare rotație. Când corpurile astronomice se mişcă, ele perturbă țesătura spațiului, generând unde care se propagă spre exterior asemenea celor care încrețesc o folie de cauciuc pe care o lovim repetat. Aceste ondulații în țesătura spațiului sunt undele gravitaționale prezise de Einstein în articolele publicate în 1916 şi 1918. În deceniile următoare, Einstein a ezitat în

privința undelor gravitaționale, considerându-le, în cel mai bun caz, o simplă posibilitate teoretică ce nu va fi niciodată observată, iar în cazul cel mai rău, o interpretare complet eronată a ecuațiilor. Matematica relativității generale e atât de subtilă, încât până şi Einstein a fost uneori dezorientat. A fost nevoie de munca multor oameni timp de mulți ani pentru a elabora metode sistematice de a depăşi aceste probleme spinoase, care altminteri ar zădărnici încercările de a pune expresiile matematice ale relativității generale în legătură cu caracteristici măsurabile ale lumii. În anii 1960, când aceste metode erau ferm stabilite, fizicienii au devenit încrezători că undele gravitaționale sunt o consecință incontestabilă a teoriei. Nimeni nu avea însă vreo dovadă experimentală sau observațională că ele sunt reale.

Peste aproximativ un deceniu şi jumătate, lucrurile s-au schimbat. În 1974, Russell Hulse şi Joe Taylor au descoperit primul sistem binar de stele neutronice – o pereche de stele neutronice rotindu-se rapid una în jurul celeilalte.[22] Observații ulterioare au stabilit că, în timp, stelele neutronice se apropiau în spirală, dovadă că sistemul binar pierdea energie. Dar unde mergea acea energie?[23] Taylor şi colaboratorii săi Lee Fowler şi Peter McCulloch au anunțat că pierderea de energie orbitală măsurată era în acord remarcabil cu predicția relativității generale privind cantitatea de energie pe care stelele neutronice trebuie s-o pompeze în unde gravitaționale.[24] Deşi undele gravitaționale produse erau prea slabe pentru a fi detectate, s-a stabilit, chiar dacă indirect, că undele gravitaționale sunt reale.

După trei decenii şi după cheltuirea unui miliard de dolari, Observatorul de Unde Gravitaționale prin

Interferometrie Laser (LIGO, Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) a mers mai departe, realizând prima detecție directă a ondulațiilor în țesătura spațiului. Dimineața devreme în ziua de 14 septembrie 2014, doi detectori enormi, unul în Louisiana, şi celălalt în statul Washington, ambii riguros protejați de orice perturbație, cu excepția unei unde gravitaționale, au tresărit. Şi exact în acelaşi fel. Cercetătorii se pregătiseră pentru acest moment timp de aproape o jumătate de secol, dar încheiaseră calibrarea noilor detectori perfecționați cu numai două zile în urmă. Detectarea aproape imediat a unui semnal a fost deopotrivă o surpriză şi un motiv de îngrijorare. Era real? Era o descoperire epocală, sau opera unui farsor – sau, mai rău, cineva piratase sistemul şi injectase un semnal fals?

După luni de analize meticuloase în care au verificat şi răsverificat detaliile presupusei perturbații gravitaționale, cercetătorii au anunțat că o undă gravitațională străbătuse într-adevăr Pământul. Mai mult, analizând cu precizie tresărirea şi comparând-o cu rezultatele simulărilor pe un supercomputer ale profilului undelor gravitaționale produse în diverse evenimente astronomice, cercetătorii au inversat firul evenimentelor pentru a determina sursa semnalului. Ei au ajuns la concluzia că în urmă cu 1,3 miliarde de ani, într-o perioadă când pe Pământ viața multicelulară abia începea să se închege, două găuri negre îndepărtate se roteau una în jurul celeilalte tot mai strâns şi mai rapid, apropiindu-se de viteza luminii, până când, într-o frenezie orbitală, s-au ciocnit. Coliziunea a generat o undă mareică în spațiu, un tsunami gravitațional atât de mare, încât puterea sa a depăşit-o pe cea a tuturor stelelor din toate galaxiile din universul

observabil. Unda s-a extins în toate direcţiile cu viteza luminii, astfel încât o parte s-a îndreptat către Pământ, diluându-şi puterea pe măsură ce se răspândea într-un volum tot mai mare. Cu aproximativ o sută de mii de ani în urmă, când oamenii emigrau din savana africană, unda a traversat haloul de materie întunecată care înconjoară galaxia Calea Lactee, continuându-şi cursa neobosită. Cu aproximativ o sută de ani în urmă, unda a străbătut roiul de stele al Hyadelor; cam pe atunci, un membru al speciei noastre, Albert Einstein, a început să se gândească la undele gravitaţionale şi a scris primele articole despre posibilitatea existenţei lor. Peste vreo cincizeci de ani, în timp ce unda gonea înainte, alţi cercetători au formulat propunerea îndrăzneaţă că asemenea unde ar putea fi detectate şi au început să planifice şi să proiecteze un instrument capabil s-o facă. Iar atunci când unda s-a aflat la numai două zile-lumină de Pământ, versiunea recent ameliorată a celui mai avansat dintre aceşti detectori a devenit operativă. Două zile mai târziu, cei doi detectori au tresărit timp de două zecimi de secundă, colectând date care le-au permis oamenilor de ştiinţă să reconstituie povestea pe care tocmai am relatat-o. Pentru această realizare, conducătorilor echipei, Ray Weiss, Barry Barish şi Kip Thorne, li s-a decernat Premiul Nobel pe 2017.

Aceste descoperiri, pasionante în sine, sunt relevante aici fiindcă, la etajul 23, Pământul (presupunând că se mai află pe orbită), pierzându-şi energia printr-o versiune a aceluiaşi proces – producerea lentă, dar implacabilă, de unde gravitaţionale –, va cădea în spirală pe Soarele de multă vreme mort. Pentru celelalte planete povestea e similară, deşi duratele pot să difere. Planetele mai

mici perturbă mai puțin țesătura spațiului, şi ca atare descriu spirale ale morții mai lungi, la fel şi planetele ale căror orbite sunt mai departe de steaua lor. Considerând Pământul reprezentativ pentru planetele care se încăpățânează să rămână pe orbită, conchidem că la etajul 23, împăcându-se în fine cu soarta, ele vor plonja pentru ultima comuniune violentă cu soarele lor rece.

Pe durata stadiilor finale, galaxiile vor urma o secvență analoagă. În centrul majorității galaxiilor se găseşte o enormă gaură neagră, cu o masă de milioane sau chiar miliarde de ori mai mare decât a Soarelui. Urcând mai departe de la etajul 23, singurele stele rămase în galaxii vor fi tăciuni stinşi care, după ce au evitat expulzarea, se vor roti lent în jurul găurii negre centrale. Şi, la fel cum planetele se deplasează în spirală lent spre interior pe măsură ce energia lor orbitală e transferată undelor gravitaționale, acelaşi lucru se întâmplă cu stelele din jurul unei găuri negre galactice. Estimând rata acestui transfer de energie, cercetătorii au conchis că la etajul 24 majoritatea rămăşițelor stelare vor fi deja consumate, căzând în abisul central întunecat al galaxiei.[25] Dacă o galaxie are răzleți, stele stinse suficient de mici şi de îndepărtate, gaura neagră va oferi ajutor suplimentar, atrăgându-le implacabil şi ademenindu-le să se apropie puțin câte puțin de disoluția finală. Ținând seama de ambele influențe, găurile negre centrale vor curăța majoritatea galaxiilor de rămăşițele stelare la etajul 30, 10^{30} ani după big bang, dacă nu mai devreme.

La acea epocă, o plimbare prin cosmos nu va fi prea palpitantă. Punctat ici şi colo de planete reci, stele stinse şi găuri negre monstruoase, spațiul va fi întunecat şi dezolant.

Destinul materiei complexe

În mijlocul schimbărilor ambientale extreme pe care le-am întâlnit, poate persista viața? Este o întrebare dificilă deoarece, aşa cum am subliniat la începutul acestui capitol, nu avem nici o idee despre cum va arăta viața în viitorul îndepărtat. O caracteristică aparent sigură este că viața de orice fel va trebui să controleze o energie adecvată care să-i alimenteze funcțiile vitale – metabolice, reproductive etc. Pe măsură ce stelele se sting, sunt expulzate în adâncurile spațiului sau cad în spirală în găurile negre omnivore, această sarcină devine tot mai dificilă. Există idei ingenioase, precum a utiliza particulele de materie întunecată despre care credem că rătăcesc prin spațiu şi pot produce energie atunci când se ciocnesc şi se transformă în fotoni.[26] Apare însă o problemă: chiar dacă o formă oarecare de viață poate avea acces la o nouă sursă de energie utilă, pe măsură ce continuăm ascensiunea, se va ivi probabil o altă amenințare, mai importantă decât toate celelalte.

Materia însăşi se poate dezintegra.

În centrul tuturor atomilor, alcătuind toate moleculele şi asamblați în toate structurile materiale complexe, de la ființe vii până la stele, sunt protonii. Dacă protonii s-ar dezintegra într-o jerbă de particule mai uşoare (cum ar fi electronii şi fotonii), materia s-ar descompune, iar universul s-ar schimba radical.[27] Existența noastră atestă stabilitatea protonilor, cel puțin pe durate de acelaşi ordin cu timpul scurs de la big bang. Dar ce se va întâmpla la scările de timp mult mai lungi pe care le examinăm acum? Timp de aproape o jumătate de secol, fizicienii au întâlnit indicii matematice fascinante că pe asemenea durate de timp enorme protonii s-ar

putea dezintegra.

În anii 1970, fizicienii Howard Georgi şi Sheldon Glashow au elaborat prima *mare teorie unificată*, un cadru matematic care, pe hârtie, uneşte cele trei forțe negravitaționale.[28] Deşi forțele tare, slabă şi electromagnetică au proprietăți extrem de diferite atunci când sunt examinate în experimente de laborator, în schema lui Georgi şi Glashow aceste deosebiri scad treptat pe măsură ce forțele sunt examinate pe distanțe tot mai mici.

Georgi şi Glashow şi-au dat seama că legăturile dintre forțe propuse de marea unificare implică noi legături între particulele de materie. Iar aceste legături permit o serie întreagă de noi transmutări ale particulelor, inclusiv unele care vor duce la dezintegrarea protonilor. Din fericire, procesul e lent. Calculele lor au arătat că, dacă am ține în palmă o mulțime de protoni şi am aştepta ca jumătate dintre ei să se dezintegreze, ar trebui să-i ținem vreo mie de miliarde de miliarde de miliarde de ani, suficient pentru a urca până la etajul 30 al Empire State Building. Este o predicție ciudată, ce poate părea imposibil de verificat. Cine ar avea răbdarea s-o testeze?

Răspunsul se poate obține printr-o metodă simplă şi ingenioasă. La fel cum şansele de a exista un câştigător la loteria din săptămâna asta sunt infime dacă statul reuşeşte să vândă doar câteva bilete, dar sporesc considerabil dacă vânzarea biletelor ia avânt, şansele de a asista la dezintegrarea unui proton dintr-un eşantion redus e infimă, dar sporesc considerabil dacă mărim eşantionul.[29] Să umplem aşadar un rezervor enorm cu milioane de litri de apă pură (fiecare litru furnizând circa 10^{26} protoni), să înconjurăm eşantionul cu detectori extrem de sensibili şi să privim cu mare atenție, zi şi noapte, în

căutarea semnului revelator al produşilor de dezintegrare ai protonului (care, potrivit teoriei Georgi-Glashow, sunt o particulă numită *pion* şi un *anti-electron*).

A căuta reziduurile dezintegrării unui singur proton înotând într-o mare de însoțitori cu mult mai numeroşi decât firele de nisip de pe toate plajele şi deşerturile planetei ar face ca tradiționala căutare a acului în carul cu fân să pară un fleac. Şi totuşi, echipe de fizicieni experimentatori strălucițti au demonstrat convingător că, dacă un proton din rezervor s-ar dezintegra, detectorii lor ar da alarma.

Eram unul dintre studenții lui Georgi la jumătatea anilor 1980, când a sa teorie unificată a fost supusă testării. Nu absolvisem şi încă mai studiam materiile de bază, aşa că n-am înțeles chiar tot ce se petrecea. Dar simțeam tensiunea aşteptării. Unitatea naturii, un vis urmărit cu atâta tenacitate de Einstein, era pe cale să fie dezvăluită. A trecut apoi un an fără dovada că un singur proton s-ar fi dezintegrat. Pe urmă încă un an. Şi încă unul. Faptul că nu a fost observată dezintegrarea nici unui proton le-a permis cercetătorilor să stabilească o limită inferioară pentru timpul de viață al protonului, considerată în prezent a fi de circa 10^{34} ani.

Propunerea lui Georgi şi Glashow e magnifică. Lăsând pe altă dată enigmele gravitației cuantice, teoria lor înglobează celelalte trei forțe ale naturii, precum şi toate particulele de materie cu ajutorul unei combinații elegante, riguroase şi ingenioase de matematică şi fizică. Este o capodoperă intelectuală. Cu toate acestea, în fața propunerii lor natura a ridicat din umeri. Mult mai târziu am discutat cu Georgi despre experiență. A spus că experimentele dezamăgitoare sunt nişte „palme date de natură“, o experiență, a adăugat el, care l-a întors împotriva

întregului program al unificării.[30]

Dar programul unificării a continuat. Şi continuă. Iar o trăsătură comună aproape tuturor abordărilor propuse – teorii Kaluza-Klein, supersimetrie, supergravitație, supercorzi, precum şi extensii mai directe ale teoriei marii unificări a lui Georgi şi Glashow (despre toate acestea puteți citi în *Universul elegant*) – este că prezic dezintegrarea protonilor. Propunerile în care rata acestei dezintegrări e apropiată de cea din schema inițială a lui Georgi şi Glashow sunt imediat eliminate. Dar multe dintre teoriile unificării propuse prezic rate mai lente pentru dezintegrarea protonului, compatibile cu cele mai precise limite experimentale. Valorile tipice merg de la 10^{34} la 10^{37} ani, unele predicții indicând şi durate mai mari.

Ideea este că pe măsură ce am continuat să ne dezvoltăm cunoaşterea matematică a cosmosului, dezintegrarea protonului s-a ițit la aproape fiecare cotitură. Nu e imposibil să aranjăm ecuațiile aşa încât să evităm dezintegrarea protonului, dar aceasta presupune adesea manipulări matematice nefireşti ce contravin unor rezultate teoretice a căror relevanță pentru realitate a fost dovedită de succese anterioare. De aceea, numeroşi teoreticieni admit că protonii într-adevăr se dezintegrează. S-ar putea să nu fie aşa, iar în notele finale examinez succint alternativa.[31] Dar aici, pentru a fi concret, voi considera că durata de viață a protonului este de circa 10^{38} ani.

Consecința este că, pe măsură ce continuăm să urcăm de la etajul 38, toți atomii care s-au combinat în toate moleculele care s-au asamblat în toate structurile care au apărut vreodată în cosmos – pietre, apă, iepuri, copaci, tu, eu, planete, sateliți, stele etc. – se vor dezintegra. Totul se va

descompune. Universul va fi constituit doar din particule elementare, în majoritate electroni, pozitroni, neutrini şi fotoni, străbătând un cosmos punctat ici şi colo de găuri negre liniştite, dar vorace.

La etajele inferioare, problema dominantă pentru viață este să-şi asigure energia adecvată, de calitate înaltă şi cu entropie joasă, care să alimenteze procesele materiei însufleţite. De la etajul 38 în sus, se pune o problemă mai profundă. Odată cu disoluția atomilor şi moleculelor, însuşi eşafodajul vieții şi al majorității structurilor din cosmos se va nărui. Dacă viața a reuşit să ajungă până aici, se va izbi acum de obstacolul final? Poate că da. Sau poate că la scările de timp pe care le examinăm – de peste un miliard de miliarde de miliarde de ori actuala vârstă a universului – viața va fi evoluat într-o formă care a renunțat de mult la nevoia unei arhitecturi biologice, indispensabilă în prezent. Poate că înseşi categoriile de viață şi minte vor părea grosiere şi greoaie în raport cu viitoare încarnări ce necesită caracterizări complet noi.

La baza unor asemenea speculații stă presupunerea că viața şi mintea nu sunt dependente de un anumit substrat fizic, precum celule, corpuri şi creiere, ci sunt ansambluri de procese integrate. Până în prezent, biologia a monopolizat activitățile vieții, dar s-ar putea ca aceasta să reflecte doar capriciile selecției naturale pe planeta Pământ. Dacă un alt aranjament de particule fundamentale ar reuşi să execute fidel procesele vieții şi ale minții, atunci sistemul acela va trăi şi va gândi.

Strategia noastră aici e să adoptăm perspectiva cea mai largă şi să considerăm posibilitatea ca un anumit tip de minte gânditoare să existe chiar şi în absența atomilor complecşi şi moleculelor. Aşa încât

ne punem întrebarea: cu restricția unică, dar absolut inflexibilă, ca procesele gândirii să se conformeze pe deplin legilor fizicii, poate dăinui gândirea nedefinit?

Viitorul gândirii

A evalua viitorul gândirii poate că reflectă o încredere exagerată. Din experiența personală, fiecare dintre noi ştim ce înseamnă să gândeşti, dar aşa cum am văzut limpede în capitolul 5, ştiința riguroasă a minții e abia la începuturile ei. În ce priveşte ştiința mişcării, am progresat de la legile lui Newton la cele radical diferite ale lui Schrödinger în mai puțin de trei secole, deci cum am putea spera să spunem ceva relevant despre viitorul gândirii pe durate de timp pentru care un miliard de secole aproape că nu contează?

Întrebarea evocă una dintre temele noastre centrale. Universul poate şi trebuie înțeles dintr-o gamă largă de perspective. Explicațiile rezultante, fiecare dintre ele relevantă pentru anumite tipuri de întrebări, trebuie până la urmă sintetizate într-o narațiune coerentă, dar putem progresa cu unele dintre aceste poveşti chiar şi având o cunoaştere limitată a multor altora. Newton n-a avut nici cea mai vagă idee despre fizica cuantică, şi totuşi a construit cu succes o teorie a tipului de mişcare cu care ne întâlnim în lumea cotidiană. Când a apărut fizica cuantică, edificiul lui Newton nu a fost demolat. A fost renovat. Mecanica cuantică a oferit o nouă fundație care a extins raza de acțiune a ştiinței şi a dat structurii newtoniene o interpretare complet nouă.

E posibil ca actualele considerații matematice asupra viitorului minții să se dovedească irelevante.

În fond, dacă nu cunoşti bine istoria fizicii şi a filozofiei, probabil că nu ai auzit despre descrierea entelehială a mişcării de către Aristotel, sau despre teoria lui Empedocle asupra văzului ca focul-din-ochi. Atunci când noi, oamenii, explorăm, aproape sigur înțelegem unele lucruri – de fapt, multe lucruri – complet greşit. Dar, la fel ca în cazul fizicii newtoniene, există o şansă ca asemenea reflecții asupra minții să fie cândva considerate parte a unei cronici mai cuprinzătoare. Cu acest optimism, rațional şi temperat, vom examina viitorul îndepărtat al gândirii.

În 1979, Freeman Dyson a scris un articol vizionar despre viitorul îndepărtat al vieții şi al minții.[32] Îl vom urma îndeaproape, încorporând actualizări bazate pe progrese teoretice şi observații astronomice mai recente. Abordarea lui Dyson, la fel ca a noastră pe tot cuprinsul acestor pagini, adoptă un punct de vedere fizicalist asupra minții, considerând că actul gândirii e un proces fizic supus în întregime legilor fizicii. Şi întrucât înțelegem rezonabil de bine cum vor evolua caracteristicile de ansamblu ale universului în viitorul îndepărtat, putem investiga dacă vor continua să existe medii primitoare pentru gândire.

Pentru început, să ne gândim la creier. Între alte însuşiri, creierul e cald. El consumă în permanență energie, cu care noi îl aprovizionăm grație faptului că mâncăm, bem şi respirăm; el efectuează o mulțime de procese fiziochimice care îi modifică detaliile configurației (reacții chimice, rearanjări moleculare, mişcări ale particulelor etc.); şi eliberează căldură reziduală în mediu. Când creierul gândeşte (şi face tot ce mai fac creierele), el repetă astfel o secvență cu care ne-am întâlnit prima oară în capitolul 2, când am analizat motoarele cu aburi.

La fel ca în acel model, căldura eliberată de creier în mediul înconjurător transportă entropie, pe care el o absoarbe şi totodată o generează prin funcționarea sa internă.

Dacă, din indiferent ce motiv, un motor cu aburi nu poate elimina entropia acumulată, mai devreme sau mai târziu va înceta să funcționeze. De o soartă similară va avea parte un creier care, din indiferent ce motiv, nu se poate debarasa de rezidurile entropice pe care funcționarea sa le produce fără încetare. Iar un creier care nu mai funcționează e un creier care nu mai gândeşte. Acesta e un posibil impediment pentru durabilitatea unei gândiri bazate pe creier. Pe măsură ce universul înaintează tot mai departe în viitor, îşi vor menține creierele capacitatea de a expulza căldura reziduală pe care o produc?

Nimeni nu aşteaptă de la creierele umane să fie o prezență constantă în timp ce urcăm din prezent către etajele superioare. Şi, în mod cert, când vom fi urcat suficient pentru ca atomii să înceapă a se dezintegra în particule fundamentale, aglomerările moleculare de orice fel vor deveni tot mai rare. Dar necesitatea de a putea elimina căldura reziduală e atât de generală, încât se aplică oricărei configurații de orice tip în care are loc procesul gândirii. Prin urmare, întrebarea esențială este dacă o asemenea entitate – s-o numim Gânditorul –, indiferent de modul cum este proiectată sau construită, poate să elimine căldura pe care gândirea sa o generează în mod necesar. Dacă Gânditorul nu reuşeşte să facă acest lucru, el se va supraîncălzi şi va arde în propriile deşeuri entropice. Iar dacă constrângerile impuse de legile fizicii într-un univers în expansiune dictează că, mai devreme sau mai târziu, toți Gânditorii de pretutindeni sunt sortiți să eşueze în

sarcina aceasta indispensabilă de evacuare a entropiei, viitorul gândirii înseşi va fi periclitat.

Pentru a evalua viitorul gândirii, trebuie deci să înțelegem fizica gândirii. De câtă energie are nevoie Gânditorul pentru a gândi, şi câtă entropie generează procesul gândirii? În ce ritm trebuie Gânditorul să expulzeze căldura reziduală, şi în ce ritm poate universul s-o absoarbă?

A gândi lent

În capitolul 2 am subliniat că entropia numără rearanjările constituenților microscopici ai unui sistem fizic – particulele sale – care „arată aproape la fel“. În analizarea Gânditorului, există un mod deosebit de util de a reformula acest enunț. Dacă un sistem are entropie scăzută, configurația particulelor sale este una dintr-un număr relativ mic de posibilități care toate arată la fel – una dintr-un număr relativ mic de dubluri. În consecință, a vă spune în care dintre aceste configurații posibile se găseşte efectiv sistemul înseamnă a vă oferi doar o cantitate mică de informație. La fel cum aş specifica o anumită cutie cu supă de roşii Campbell de pe raftul slab aprovizionat al unei băcănii, aş distinge această configurație anume de particule dintr-un număr redus de posibilități. Dacă un sistem are entropie înaltă, configurația particulelor sale este una dintr-un număr foarte mare de posibilități care toate arată la fel – una dintr-un număr foarte mare de dubluri. În consecință, a vă spune în care dintre aceste configurații posibile se găseşte efectiv sistemul înseamnă a vă oferi o mulțime de informații. La fel cum aş specifica o anumită cutie cu supă de roşii de pe raftul supraîncărcat al unei băcănii, aş distinge această configurație anume de

particule dintr-un număr enorm de posibilități. Prin urmare, pentru un sistem cu entropie scăzută, configurația particulelor sale are un conținut redus de informație; pentru un sistem cu entropie înaltă, configurația particulelor sale are un conținut ridicat de informație

Legătura dintre entropie şi informație e importantă, fiindcă indiferent unde are loc gândirea – într-un creier uman sau în Gânditorul abstract –, a gândi înseamnă a procesa informație. Raportul informație-entropie ne spune aşadar că procesarea informației, funcția gândirii, poate fi descrisă şi ca o procesare a entropiei. Şi deoarece, după cum poate vă aduceți aminte din capitolul 2, procesarea entropiei – deplasarea entropiei dintr-un loc într-altul – necesită un transfer de căldură, avem un amalgam de trei concepte: gândire, entropie şi căldură. Dyson a folosit versiunea matematică a legăturilor dintre acestea pentru a calcula cantitatea de căldură pe care Gânditorul trebuie s-o expulzeze în funcție de numărul gândurilor sale. (Pentru cei interesați de matematică, formula se găseşte în notele finale.)[33] Multe gânduri înseamnă că trebuie eliminată o cantitate mare de căldură. Mai puține gânduri, mai puțină căldură de eliminat.

Pentru a-şi alimenta gândirea, Gânditorul trebuie să extragă energie din mediul său. Şi întrucât căldura este ea însăşi o formă de energie, cantitatea de energie absorbită de Gânditor trebuie să fie mai mare decât cantitatea de căldură pe care trebuie s-o elimine. Energia absorbită are o calitate mai înaltă (ca să poată fi uşor folosită) decât căldura eliminată (care e un reziduu, deci va fi dispersată), dar Gânditorul nu poate să elimine mai multă energie decât absoarbe. Calculele lui Dyson stabilesc cantitatea minimă de energie de înaltă calitate pe

care Gânditorul trebuie s-o absoarbă din mediu, iar astfel cuantifică problema: pe măsură ce stelele se sting, sistemele solare se dezagregă, galaxiile se dispersează, materia se dezintegrează, iar universul se extinde şi se răceşte, Gânditorul se va confrunta cu sarcina tot mai dificilă de a aduna energia concentrată, de calitate înaltă şi cu entropie scăzută, de care are nevoie pentru a continua să cugete. Proviziile împuținându-se, Gânditorul are nevoie de o strategie eficientă pentru gestionarea resurselor şi evacuarea deşeurilor – altfel spus, un plan detaliat pentru a absorbi energie cu entropie scăzută şi a scăpa de căldura cu entropie înaltă. Urmându-l pe Dyson, să concepem un asemenea plan.

Ca un prim pas, să facem presupunerea rezonabilă că viteza proceselor interne ale Gânditorului, oricare ar fi acestea, sunt proporționale cu temperatura lui.[34] La temperaturi mai mari, particulele se mişcă cu viteză mai mare, astfel încât Gânditorul gândeşte mai iute, consumă energie mai rapid, şi deşeurile se acumulează mai grabnic. La temperaturi mai joase, toate acestea se încetinesc. Confruntat cu un univers care se extinde, se răceşte şi devine tot mai inert, Gânditorul, care aspiră să gândească în continuare cât mai mult timp posibil, trebuie să acorde prioritate conservării, efectuând o combustie lentă şi îndelungată în locul unei străluciri intense şi de scurtă durată. Prin urmare, îi recomandăm Gânditorului să se lase călăuzit de univers: cu timpul, el trebuie să-şi scadă continuu temperatura, să-şi încetinească gândirea şi să reducă rata cu care consumă rezervele tot mai sărace de energie de calitate ale universului.

Întrucât a gândi e singurul lucru pe care-l face Gânditorul, perspectiva de a gândi mai lent nu e foarte atrăgătoare. Noi îl vom consola: „Nu înțelege

greşit; deoarece *toate* procesele tale interne se vor încetini simultan, experiența ta subiectivă nu se va schimba cu nimic. Nu vei observa nici o schimbare în gândirea ta. Poate ți se va părea că diferite procese din jur decurg mai rapid, dar gândurile tale vor fi la fel de sprintene ca întotdeauna.“ Uşurat, Gânditorul acceptă să urmeze strategia, dar exprimă o ultimă îngrijorare: „Dacă urmez această abordare, voi putea să gândesc mereu gânduri noi?“

Aceasta e întrebarea esențială, aşa încât am anticipat că Gânditorul o va pune. Şi suntem pregătiți să-i răspundem. Matematica arată că, la fel cum consumul de benzină per kilometru al unei maşini e cu atât mai redus cu cât se conduce mai încet, consumul de energie per gând al Gânditorului e cu atât mai redus cu cât el gândeşte mai încet. Altfel spus, gândirea Gânditorului devine tot mai eficientă pe măsură ce scade temperatura. De aceea, el poate gândi un număr *infinit* de gânduri folosind doar o cantitate *finită* de energie (la fel cum o serie infinită, ca de pildă 1 + ½ + ¼ + … , poate avea o sumă finită, în cazul acesta 2). Îl informăm cu entuziasm pe Gânditor asupra rezultatului: „Urmând acest plan, nu doar că vei putea gândi pentru totdeauna, dar o vei putea face doar cu o rezervă finită de energie!“[35]

Exultând, fericitul Gânditor e pe cale să pună planul în acțiune. Dar tocmai atunci ne izbim de un obstacol neaşteptat. Există o consecință neplăcută a matematicii pe care am trecut-o cu vederea: aşa cum o ceaşcă cu cafea mai rece elimină mai puțină căldură în mediu decât una cu cafea mai fierbinte, cu cât temperatura Gânditorului scade, cu atât el e mai puțin capabil să elimine căldura reziduală pe care o generează gândirea sa. „Mă cunoaşteți prea puțin“, ne aduce aminte Gânditorul, „de aceea fac

apel la discreție înainte să se răspândească zvonuri că aş avea probleme cu expulzarea deşeurilor“. Luăm notă. Dar tocmai în aceasta constă frumusețea calculului. Raționamentul presupune doar că Gânditorul e supus legilor cunoscute ale fizicii şi e alcătuit din particule elementare precum electronii. Analiza e aşadar absolut generală. Nu e nevoie să ştim nimic despre detaliile fiziologiei sau construcției Gânditorului pentru a conchide că, pe măsură ce temperatura lui scade, rata cu care poate să elimine entropia va scădea sub rata cu care el produce entropie. În fața evidenței, nu avem de ales decât să-i comunicăm vestea proastă. „Deşi a gândi la temperaturi tot mai joase e esențial pentru a prelungi gândirea folosind doar o rezervă finită de energie, va veni un moment când entropia ta se va acumula mai repede decât o poți expulza. După aceea, dacă încerci să mai gândeşti, te vei mistui în propriile gânduri.“[36]

Înainte ca Gânditorul descurajat să poată asimila pe deplin ştirea, un membru al echipei noastre de geniu propune o soluție: hibernarea. Gânditorul va trebui ca periodic să lase gândirea să se odihnească – să-şi deconecteze mintea şi să doarmă – încetând producerea de entropie, dar continuând să evacueze căldura reziduală. Dacă pauza în gândire e suficient de lungă, atunci când Gânditorul se trezeşte, el va fi expulzat toate deşeurile şi nu va mai fi amenințat de pericolul incinerării. Şi întrucât pe durata întreruperii el nu va gândi, la trezire nu va sesiza hiatusul. Încurajați de soluția aceasta, propusă inițial de Dyson în articolul său de pionierat, îl asigurăm pe Gânditor că în ritmul acesta gândirea poate continua veşnic.

Aşa să fie oare?

Un ultim gând despre gândire

Două rezultate apărute în deceniile care s-au scurs de la articolul lui Dyson sunt relevante pentru strategie. Unul clarifică legătura dintre actul gândirii şi producerea de entropie, şi duce la o reinterpretare modestă a rezultatului. Celălalt aduce în discuție expansiunea accelerată a spațiului, care poate submina în întregime concluzia, plasând gândirea direct în vizorul entropiei.

Mai întâi, reinterpretarea. Esența raționamentului lui Dyson este că gândirea produce în mod necesar căldură. Am arătat că e plauzibil, amintind că gândirea e legată de informație, informația de entropie, iar entropia de căldură. Dar legăturile sunt subtile, iar idei mai recente, provenind în mare parte din domeniul informaticii, arată că există metode ingenioase de a efectua procesări elementare ale informației – de exemplu a aduna unu şi cu unu pentru a obține doi – fără a degrada energia.[37] Presupunând că gândirea şi calculul au aceeaşi natură, un Gânditor care adoptă această strategie nu va genera deloc deşeuri.

Considerente înrudite din domeniul informaticii arată însă că o versiune a legăturii gândire-entropie-căldură pe care s-a bazat analiza noastră inițială rămâne intactă, doar cu o uşoară schimbare de nuanță. Rezultatele arată că, dacă un calculator *şterge* toate bazele sale de date, se produce în mod necesar căldură reziduală. (Să ne amintim că, în general, căldura reziduală e produsă de procese care sunt greu de inversat, ca de pildă spargerea unui pahar; ştergerea datelor face dificilă inversarea unui calcul, de aceea nu e tocmai o surpriză că ştergerile produc căldură.)[38] Ținând cont de asta, sfatul nostru pentru Gânditor necesită doar o uşoară modificare.

Gânditorul poate gândi fără a trebui să evacueze căldură atâta timp cât el nu şterge nici o amintire. Dar presupunând că Gânditorul are o dimensiune finită, el va avea o memorie cu capacitate finită care mai devreme sau mai târziu se va umple. Din acest moment, tot ce mai poate face în interior e să rearanjeze informația fixă din memorie, rumegând la nesfârşit vechile gânduri – o versiune a nemuririi pentru care nu mulți dintre noi ar opta. Dacă Gânditorul îşi doreşte capacitatea creativă de a gândi gânduri noi, de a crea amintiri noi, de a explora noi teritorii intelectuale, atunci el va trebui să permită ştergerea unor date, producând astfel căldură şi readucându-ne la situația discutată în secțiunea precedentă şi la strategia de hibernare recomandată acolo.

Al doilea rezultat e mai constrângător. Descoperirea că expansiunea spațiului e accelerată ridică un obstacol nou şi eventual insurmontabil în calea gândirii fără sfârşit.[39] Dacă, aşa cum sugerează datele actuale, expansiunea accelerată continuă neabătut, atunci, aşa cum am văzut la etajul 12, galaxiile îndepărtate vor dispărea ca şi cum ar cădea de pe o faleză aflată la marginea spațiului. Altfel spus, suntem înconjurați de un orizont sferic îndepărtat marcând hotarul a ceea ce, chiar şi în principiu, putem vedea. Tot ce e dincolo de acel hotar se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât a luminii, aşa încât lumina emisă de la asemenea distanțe nu va ajunge niciodată până la noi. Fizicienii numesc acel hotar îndepărtat *orizont cosmologic*.

Ne putem imagina orizontul cosmologic ca pe o enormă sferă strălucitoare, asemănătoare unui aranjament sferic de becuri îndepărtate care produc o temperatură de fond în spațiu. Voi explica asta în

capitolul următor (se leagă de fizica găurilor negre, care şi ele au orizonturi strălucitoare, după cum a descoperit Stephen Hawking), dar aici subliniez doar că temperatura produsă de strălucirea orizontului cosmologic e complet diferită de temperatura de 2,7 grade Kelvin a fondului de microunde rămas de la big bang. Cu timpul, temperatura fondului de microunde va continua să scadă, apropiindu-se de zero absolut pe măsură ce spațiul continuă să se extindă, şi radiația de microunde continuă să se dilueze în intensitate. Temperatura generată de orizontul cosmologic se comportă altfel. E constantă. E infimă – pe baza valorii măsurate a ratei expansiunii accelerate, este în jur de 10^{-30} grade Kelvin – dar persistentă. Iar pe termen lung, persistența contează.

Căldura curge spontan numai de la lucruri mai calde la altele mai reci. Cât timp temperatura Gânditorului e mai mare decât cea a universului, el poate radia în spațiu căldura sa reziduală. Dar când temperatura lui scade sub cea a spațiului, căldura va curge în sens invers – din spațiu către Gânditor –, împiedicându-l să se debaraseze de căldura reziduală. Asta înseamnă că strategia hibernării e sortită eşecului. Pe măsură ce Gânditorul îşi reduce temperatura (ceea ce, să ne aducem aminte, îi permite să continue să gândească indefinit cu un buget de energie finit), mai devreme sau mai târziu el va atinge valoarea infimă de 10^{-30} grade Kelvin. În momentul acela jocul se încheie. Universul nu-i mai acceptă deşeurile. Încă un gând (sau, mai precis, încă o ştergere), şi Gânditorul e fript.

Concluzia se bazează pe presupunerea că expansiunea accelerată a spațiului va rămâne neschimbată. Nimeni nu ştie dacă aşa va fi. Accelerația ar putea creşte, propulsându-ne către o

mare destrămare şi diminuând şi mai mult perspectivele vieții şi gândirii. Sau ar putea scădea. Asta ar suprima orizontul cosmologic, ar stinge becurile îndepărtate şi ar permite ca temperatura universului să scadă indefinit. Aşa cum au arătat fizicienii Will Kinney şi Katie Freese, această posibilitate cosmologică ar restabili optimismul lui Dyson, permițând Gânditorului ca, respectând întocmai programul de hibernare, să continue să gândească indefinit în viitor.[40]

Departe de mine intenția de a stinge orice rază de speranță pentru viitorul gândirii, dar e util să recapitulăm cum se prezintă lucrurile. Tot lanțul nostru de raționamente e făurit din optimism. Într-un univers din care lipseşte totul, de la stele şi planete până la molecule şi atomi, am presupus că Gânditorul poate să existe. Deşi particulele elementare stabile – precum electronii, neutrinii şi fotonii – vor pluti în jur, e nevoie de o imaginație foarte bogată pentru ca ochiul minții să le vadă adunându-se şi producând o structură gânditoare. Totuşi, pentru a fi cât mai deschişi la minte, am presupus că o asemenea entitate se poate forma. Şi e fără îndoială plăcut să aflăm că dacă universul se extinde în modul adecvat, există cel puțin şansa ca astfel de Gânditori să poată gândi indefinit. Dar e greu să evităm concluzia că viitorul îndepărtat al gândirii e precar.

Într-adevăr, dacă expansiunea accelerată nu încetineşte, va veni un moment când gândirea va face ultima reverență. Înțelegerea noastră e prea grosieră pentru a face o predicție exactă, dar introducerea în ecuații a unor valori numerice aproximative sugerează că asta s-ar putea întâmpla în următorii 10^{50} ani. O mare necunoscută, cum am observat de la bun început, este dacă viața

inteligentă va putea interveni în evoluția cosmică, influențând evoluția stelelor şi galaxiilor, exploatând surse neaşteptate de energie de calitate înaltă, sau chiar controlând viteza expansiunii spațiului. Dată fiind complexitatea inteligenței, e imposibil să formulăm mai mult decât nişte ipoteze hazardate, de aceea am preferat să evit complet asemenea influențe. Prin urmare, lăsând deoparte intervenția inteligentă şi limitându-ne exclusiv la legea a doua a termodinamicii, conchidem că atunci când vom ajunge la etajul 50 se prea poate ca ultimul gând al universului să fie de domeniul trecutului.

În comparație cu toate scările de timp semnificative pentru noi, oamenii, 10^{50} ani e o durată spectaculoasă. Ea poate cuprinde timpul scurs de la big bang până în prezent de peste un miliard de miliarde de miliarde de miliarde de ori. Şi totuşi, privind, să zicem, de la înălțimea etajului 75, 10^{50} ani e o clipă efemeră – mult mai puțin, inimaginabil mai puțin decât timpul dintre momentul când aprindem o veioză şi momentul când lumina ajunge la ochii noştri. Şi bineînțeles, dacă universul e etern, orice durată, oricât de lungă, devine infinitezimală. Narată din perspectiva acestor durate mai lungi, povestea cosmologică ar decurge cam aşa: la o clipă după big bang a apărut viața, şi-a contemplat scurt timp existența într-un cosmos indiferent, după care s-a dizolvat. Este o recapitulare cosmică a lamentației lui Pozzo, blamându-i pe cei care-l aşteaptă pe Godot: „Ele nasc călare pe-un mormânt, ziua străluceşte o clipă, apoi se face iar noapte.“[38]

Unii vor considera viitorul acesta dezolant. Chiar şi având cunoştințele mai rudimentare de la mijlocul secolului XX, Bertrand Russell, cu a cărui evaluare ne-am întâlnit în capitolul 2, aşa l-a considerat. Eu

văd altfel lucrurile. Pentru mine, viitorul pe care ştiința ne permite acum să-l întrezărim evidențiază cât de rar, de minunat şi de prețios este momentul nostru de gândire, clipa noastră de lumină.

---

35. Specie umanoidă extraterestră din filmul *Avatar* (n. tr.).

36. Este vorba de fermioni, particule cu spin semiîntreg; bosonii, particulele cu spin întreg, nu sunt supuşi principiului de excluziune (n. tr.).

37. În engleză, Milkomeda şi respectiv Andromilky (n. tr.).

38. Samuel Beckett, *Aşteptându-l pe Godot*, Ed. Univers, Bucureşti 1970. Traducere în limba română de Gellu Naum (n. tr.).

10. AMURGUL TIMPULUI

Cuante, probabilităţi şi eternitate

Mult timp după sfârşitul gândirii, atunci când nu va mai fi rămas nici o fiinţă cugetătoare care să observe, legile fizicii vor continua să facă ceea ce au făcut dintotdeauna – să determine evoluţia realităţii. Iar astfel ele vor pune în evidenţă un aspect esenţial: mecanica cuantică şi eternitatea sunt strâns legate. Mecanica cuantică este un tip aparte de visător idealist, care permite un ansamblu vast de viitoruri posibile şi totodată îşi temperează viziunea exaltată specificând probabilitatea fiecărui rezultat posibil. Pe durate de timp familiare putem ignora fără nici un risc acele rezultate ale căror probabilităţi cuantice sunt atât de fantastic de mici, încât ar trebui să aşteptăm cu mult mai mult decât actuala vârstă a universului pentru a avea o şansă rezonabilă să le vedem realizate. Dar la scări de timp atât de vaste, încât prin comparaţie actuala vârstă a universului pare o clipă efemeră, multe posibilităţi pe care anterior le-am putut ignora trebuie acum luate în consideraţie. Iar dacă într-adevăr nu există un sfârşit al timpului, atunci toate rezultatele care nu sunt strict interzise de legile cuantice – de la familiar la bizar, de la probabil la neverosimil – mai devreme sau mai târziu vor avea cu siguranţă momentul lor de glorie.[1]

În acest capitol vom examina câteva asemenea procese cosmologice rare, care aşteaptă cu răbdare să le vină vremea, când vor fi bătute pe umăr şi chemate să intre pe scena realităţii.

Dezintegrarea găurilor negre

La jumătatea secolului XX, dat fiind rolul lor decisiv în episoadele finale ale celui de-Al Doilea Război Mondial, fizicienii s-au bucurat de un mare prestigiu. Principalele domenii de cercetare erau fizica nucleară şi a particulelor elementare, investigații care, după cum spunea Freeman Dyson, i-au înzestrat pe fizicieni cu puterile aparent divine de „a elibera energia care alimentează stelele […] pentru a lansa spre cer un milion de tone de rocă“.[2] Dimpotrivă, relativitatea generală era considerată de mulți o disciplină specializată care-şi trăise deja zilele de glorie. Fizicianul John Wheeler a schimbat această percepție. Contribuțiile lui Wheeler la fizica nucleară şi cuantică au fost numeroase şi influente, dar el a avut o afecțiune statornică pentru teoria relativității generale. A avut de asemenea o ciudată capacitate de a insufla altora entuziasmul său. În deceniile următoare, Wheeler va pregăti pe câțiva dintre cei mai străluciți fizicieni ai lumii, care vor lucra împreună cu el pentru a restabili relativitatea generală ca un domeniu trepidant de cercetare ştiințifică.

Wheeler a avut o fascinație aparte pentru găurile negre. Potrivit relativității generale, ceea ce cade într-o gaură neagră nu mai poate scăpa. Dispare. Pentru totdeauna. Reflectând asupra acestui fapt la începutul anilor 1970, Wheeler s-a confruntat cu o enigmă pe care a menționat-o studentului său Jacob Bekenstein. Găurile negre păreau să ofere o strategie de-a gata pentru încălcarea legii a doua a termodinamicii. Să luăm o ceaşcă cu ceai fierbinte, s-a gândit Wheeler, şi s-o aruncăm într-o gaură neagră din apropiere. Unde se duce entropia ceaiului? Deoarece interiorul unei găuri negre e

permanent inaccesibil celor din exterior, ceaiul fierbinte, cu entropia lui cu tot, par să fi dispărut. Wheeler îşi făcea griji că evacuarea entropiei într-o gaură neagră oferă un mijloc sigur pentru încălcarea deliberată a legii a doua.

După câteva luni, Bekenstein s-a întors la Wheeler cu o soluție. Entropia ceaiului n-a dispărut, spunea el, ci pur şi simplu a fost transferată găurii negre. La fel cum, dacă pui mâna pe o cratiță fierbinte, o parte din entropia acesteia e transferată mâinii, Bekenstein a sugerat că tot ce cade într-o gaură neagră îşi transferă entropia găurii negre înseşi.

E un răspuns firesc, care-i trecuse prin minte şi lui Wheeler.[3] Dar apare numaidecât o problemă. Aşa cum am văzut, entropia numără rearanjările constituenților unui sistem în urma cărora el „arată practic la fel“. Sau, mai precis, entropia numără configurațiile distincte ale constituenților microscopici ai unui sistem care sunt compatibile cu starea lui macroscopică. Dacă ceaiul îşi transferă entropia găurii negre, entropia trebuie să se manifeste ca o creştere a numărului rearanjărilor interne ale găurii negre, care nu au nici un efect asupra caracteristicilor sale macroscopice.

Iată care e problema: la sfârşitul anilor 1960 şi începutul anilor 1970, fizicienii Werner Israel şi Brandon Carter au folosit ecuațiile relativității generale pentru a demonstra că o gaură neagră e complet determinată de numai trei numere: masa, momentul cinetic (cât de repede se roteşte) şi sarcina electrică.[4] Odată ce am măsurat aceste caracteristici macroscopice, dispunem de toate informațiile necesare pentru a descrie complet gaura neagră. Ceea ce înseamnă că două găuri negre care au aceleaşi caracteristici macroscopice – aceeaşi

masă, acelaşi moment cinetic şi aceeaşi sarcină electrică – sunt identice până în ultimul detaliu. Prin urmare, spre deosebire de un ansamblu de monede în care specificarea stării, să zicem, 38 de aversuri şi 62 de reversuri, permite miliarde şi miliarde de configurații diferite, şi spre deosebire de un rezervor de aburi în care specificarea volumului, a temperaturii şi a presiunii permite un număr colosal de configurații distincte ale moleculelor, în cazul găurilor negre specificarea masei, momentului cinetic şi sarcinii electrice indică în mod rigid o singură configurație. Fără nici o altă configurație de luat în seamă, fără sosii de enumerat, găurile negre lasă impresia că n-au deloc entropie. Aruncați o ceaşcă de cafea într-o gaură neagră, şi s-ar zice că entropia dispare. Confruntată cu o gaură neagră, legea a doua a termodinamicii pare să capituleze.

Bekenstein n-a fost de acord. Găurile negre, spunea el, au entropie. Mai mult, atunci când ceva cade în ea, entropia găurii negre creşte exact cât să fie respectată legea a doua. Pentru a înțelege esența raționamentului lui Bekenstein, să observăm în primul rând că, atunci când ceva cade într-o gaură neagră, masa nu se pierde. Oricine a studiat şi a înțeles relativitatea generală va fi de acord că tot ce cade într-o gaură neagră se manifestă printr-o creştere a masei acesteia. Pentru a vizualiza procesul, să ne imaginăm *orizontul evenimentelor* unei găuri negre, suprafața sferică ce-i defineşte granița şi marchează locurile dincolo de care întoarcerea e imposibilă. Matematica arată că raza orizontului evenimentelor e proporțională cu masa găurii negre: mai puțină masă înseamnă un orizont mai mic; mai multă masă, un orizont mai mare. Când arunci ceva în ea, masa găurii negre creşte, aşa încât ne putem imagina că orizontul se dilată ca

răspuns. Gaura neagră mănâncă, iar talia ei sferică se lărgeşte.

Urmând spiritul abordării lui Bekenstein[5], să ne imaginăm acum că aruncăm o sondă foarte specială, concepută cu grijă pentru a examina cum reacționează o gaură neagră la entropie. În acest scop, pregătim un singur foton a cărui lungime de undă e atât de mare – ale cărui poziții posibile sunt atât de dispersate –, încât atunci când întâlneşte gaura neagră, cea mai precisă descriere a rezultatului se exprimă printr-o singură unitate de informație: fotonul fie a căzut, fie n-a căzut în gaura neagră. Poziția fotonului e atât de nebuloasă, încât dacă e capturat de gaura neagră nu putem oferi o descriere mai detaliată, de pildă să precizăm că fotonul a intrat în gaura neagră prin cutare sau cutare loc de pe orizont. Un asemenea foton poartă o singură unitate de entropie, aşa încât ne permite să examinăm matematic cum reacționează gaura neagră atunci când consumă o singură porție de entropie.

Deoarece fotonul are energie, şi deoarece energia şi masa sunt cele două fețe ale aceleiaşi monede einsteiniene (conform $E = mc^2$), dacă gaura neagră consumă fotonul, masa ei creşte uşor, iar orizontul evenimentelor se extinde uşor. Bekenstein a observat un tipar esențial: aruncând în gaura neagră o unitate de entropie, orizontul evenimentelor se extinde cu o unitate de arie (aşa-numita *unitate cuantică de arie* sau *arie Planck*, care e aproximativ 10^{-70} m^2).[6] Aruncați două unități de entropie, iar suprafața va creşte cu două unități de arie. Şi aşa mai departe. Aria suprafeței orizontului evenimentelor unei găuri negre pare deci să țină evidența entropiei ingerate de gaura neagră. Bekenstein a înălțat tiparul la rangul unei propuneri:

entropia totală a unei găuri negre e dată de aria totală a orizontului evenimentelor (măsurată în unități Planck). Aceasta a fost noua idee pe care Bekenstein i-a comunicat-o lui Wheeler.

Bekenstein n-a putut explica legătura surprinzătoare dintre entropia unei găuri negre şi suprafața sa exterioară, orizontul evenimentelor; legătura e neaşteptată deoarece entropia unui obiect obişnuit, precum ceaşca de ceai, e conținută în interiorul său, în volumul său. El n-a putut explica nici relația dintre propunerea sa şi cadrul convențional în care entropia enumeră rearanjările posibile ale ingredientelor microscopice ale găurii negre (o chestiune care va stagna până la mijlocul anilor 1990, când teoria corzilor va aduce clarificări). Dar ca instrument de calcul, propunerea lui a oferit o metodă cantitativă de a salva legea a doua a termodinamicii. Remediul e imediat: în calculul entropiei totale, trebuie să ținem seama nu numai de contribuțiile materiei şi radiației, ci şi de contribuțiile găurilor negre. Aruncând ceaiul în gaura neagră reducem entropia micului dejun, dar dacă vom calcula creşterea ariei suprafeței orizontului evenimentelor găurii negre ne vom da seama că scăderea entropică de care ne bucurăm acasă e compensată de creşterea entropiei găurii negre. Oferind un algoritm care include găurile negre în contabilizarea entropiei, Bekenstein a repus în drepturi legea a doua, permițându-i să păşească din nou cu capul sus.

Când Stephen Hawking a auzit de propunerea lui Bekenstein, a considerat-o ridicolă. Mulți alți fizicieni au avut o atitudine similară. Complet determinate de numai trei numere şi constând în cea mai mare parte din spațiu vid (tot ce cade într-o gaură neagră e implacabil atras spre singularitatea

centrală), găurile negre dobândiseră aura unei simplități absolute. Grosier spus, ideea era că găurile negre nu pot purta dezordine, fiindcă nimic din ele nu poate fi dezordonat. Conducând atacul împotriva propunerii lui Bekenstein, Hawking a efectuat propriile sale calcule folosind o combinație delicată între metodele matematice ale relativității generale şi cele ale mecanicii cuantice despre care el a anticipat că vor dezvălui rapid o eroare în raționamentul lui Bekenstein. În schimb, calculele l-au condus pe Hawking la o concluzie atât de şocantă, încât i-a luat ceva timp ca s-o creadă. Analiza lui Hawking nu doar că a confirmat-o pe a lui Bekenstein, dar a revelat şi alte surprize: găurile negre au o *temperatură* şi *strălucesc*. Ele emit radiație. Găurile negre sunt negre doar cu numele. Sau, mai precis spus, ele sunt negre numai dacă ignorăm fizica cuantică.

Pe scurt, iată esența raționamentului lui Hawking.

Potrivit mecanicii cuantice, o regiune oricât de minusculă a spațiului va adăposti întotdeauna activitate cuantică. Chiar dacă regiunea este aparent vidă, părând să nu conțină deloc energie, teoria cuantică arată că în realitate conținutul ei de energie fluctuează rapid în sus şi în jos, având energie zero numai *în medie*. Sunt acelaşi tip de fluctuații care au dat naştere variaților de temperatură din radiația cosmică de fond de microunde cu care ne-am întâlnit în capitolul 3. Prin intermediul relației $E = mc^2$, asemenea fluctuații cuantice ale energiei se pot manifesta şi ca fluctuații cuantice ale masei – particule împreună cu antiparticulele lor asociate apărând instantaneu într-un spațiu altminteri vid. Aceasta se întâmplă chiar acum în fața ochilor noştri, dar oricât de intens am privi nu vom vedea nici o dovadă. Motivul este că mecanica cuantică

dictează de asemenea că astfel de perechi particulă-antiparticulă se găsesc rapid una pe alta, se anihilează şi dispar din nou în spațiul vid. Detectăm amprente indirecte ale acestor activități efemere fiindcă numai incluzându-le în calcule se obține uimitorul acord dintre predicții şi măsurători, care pe bună dreptate a făcut din mecanica cuantică piesa centrală a fizicii fundamentale.[7]

Hawking a reconsiderat aceste procese cuantice, dar de data asta şi le-a imaginat desfăşurându-se imediat în exteriorul orizontului evenimentelor unei găuri negre. Atunci când o pereche particulă-antiparticulă îşi face apariția aici, uneori cele două particule se vor anihila rapid, la fel ca oriunde altundeva. Dar, şi acesta e aspectul important, Hawking şi-a dat seama că, din când în când ele nu se vor anihila. Câteodată unul din membrii perechii va fi absorbit de gaura neagră. Particula supraviețuitoare, lipsită acum de un partener cu care să se anihileze (şi obligată să conserve impulsul total), o ia la goană, îndepărtându-se rapid. Cum asta se întâmplă în mod repetat în fiecare regiune minusculă a spațiului din jurul întregii suprafețe a orizontului sferic al găurii negre, ea va părea că radiază particule în toate direcțiile, ceea ce numim acum *radiație Hawking*.

Mai mult, potrivit calculelor, toate particulele care cad în gaura neagră au energie negativă (deloc surprinzător, dat fiind că particula-partener care a scăpat de gaură are energie pozitivă, iar energia totală trebuie să se conserve). Pe măsură ce gaura neagră consumă aceste particule cu masă negativă, este ca şi cum ar îngurgita calorii negative, rezultatul fiind că masa ei scade, nu creşte. Văzută din exterior, gaura neagră pare să se contracte continuu pe măsură ce radiază particule. Dacă sursa

radiației nu ar fi una exotică – o gaură neagră imersată în baia cuantică de particule fluctuante inerentă spațiului vid –, procesul ar părea complet banal, ca o bucată de cărbune incandescent care radiază fotoni pe măsură ce se mistuie.[8]

O gaură neagră care creşte, consumând ceai fierbinte sau stele turbulente, se conformează întru totul legii a doua a termodinamicii. La fel şi o gaură neagră care se contractă: scăderea ariei orizontului evenimentelor înseamnă că entropia ei scade, dar radiația emisă care se scurge spre exterior, răspândindu-se în spațiu, transferă mediului o cantitate de entropie mai mult decât compensatoare. Coregrafia este cea familiară: în timp ce radiază, găurile negre dansează pasul în doi entropic.

Rezultatul lui Hawking a dat acestor considerente precizie matematică. Între multe altele, el a descoperit o formulă riguroasă pentru temperatura unei găuri negre care radiază. Voi da o explicație calitativă a acestui rezultat în secțiunea următoare (cei interesați de matematică pot găsi formula în notele finale)[9], dar trăsătura cea mai relevantă pentru noi aici este că temperatura e *invers* proporțională cu masa găurii negre. Aşa cum câinii maturi din rasa dog german sunt mari şi blânzi, iar cățelușii de rasă shih tzu[39] sunt mici şi agitați, găurile negre mari sunt calme şi reci, iar găurile negre mici sunt frenetice şi fierbinți. Câteva numere, obținute grație formulei lui Hawking, clarifică lucrurile. Pentru o gaură neagră mare, precum cea din centrul galaxiei noastre, cu o masă de patru milioane de ori cea a Soarelui, formula lui Hawking îi fixează temperatura la valoarea infimă de o sutime de bilionime (10^{-14}) de grad Kelvin peste zero absolut. Pentru o gaură neagră mai mică, având o masă egală cu cea a Soarelui, temperatura e ceva

mai mare, dar departe de a fi agreabilă, în jur de o zecime de milionime (10^{-7}) de grad Kelvin. O gaură neagră minusculă, cu masa, să zicem, a unei portocale, va străluci orbitor cu o temperatură de aproximativ un bilion de bilioane (10^{24}) de grade Kelvin.

O gaură neagră cu o masă mai mare decât a Lunii are o temperatură mai scăzută decât cele 2,7 grade ale radiației fondului de microunde care inundă în prezent cosmosul. Foarte util pentru o conversație erudită la un cocteil, acesta e un fapt cu semnificație cosmologică. Deoarece căldura curge spontan de la temperaturi mai înalte către temperaturi mai joase, ea va curge dinspre mediul glacial plin cu microunde care înconjoară o asemenea gaură neagră către gaura neagră încă şi mai glacială. Deşi emite radiație Hawking, per total gaura neagră absoarbe mai multă energie decât eliberează, mărindu-şi încetul cu încetul masa. Întrucât până şi cele mai mici găuri negre descoperite până în prezent prin observații astronomice sunt mult mai masive decât Luna, toate sunt într-un proces de îngrăşare. Pe măsură însă ce universul continuă să se extindă, radiația de fond de microunde va continua să se dilueze şi să se răcească. În viitorul îndepărtat, când temperatura de fond a spațiului va scădea sub cea a oricărei găuri negre, balanța energetică se va inversa, gaura neagră va emite mai mult decât primeşte, şi ca urmare va începe să se contracte.

După un timp suficient de lung, chiar şi găurile negre vor dispărea.

Sunt multe întrebări legate de găurile negre care rămân în prima linie a cercetării ştiințifice contemporane, iar una de considerabilă importanță pentru discuția noastră de aici priveşte momentele finale ale existenței lor. Pe măsură ce o gaură neagră

radiază, masa ei scade şi, în schimb, temperatura ei creşte. Ce se întâmplă atunci când gaura neagră e pe cale să dispară, când masa se apropie de zero, şi temperatura creşte rapid spre infinit? Explodează? Fâsâie? Altceva? Nu ştim. Dar chiar şi aşa, cunoaşterea cantitativă a radiației Hawking i-a permis fizicianului Don Page să determine viteza cu care se contractă o gaură neagră dată, iar în felul acesta timpul până în momentul final – indiferent de detaliile acelui moment.[10] Considerând masa Soarelui reprezentativă pentru găurile negre care se formează dintr-o stea muribundă, rezultatul lui Page arată că aproximativ la etajul 68 al Empire State Building, 10^{68} ani după big bang, astfel de găuri negre se vor fi evaporat.

Dezintegrarea găurilor negre extreme

Găurile negre despre care se crede că se află în centrul majorității, dacă nu al tuturor galaxiilor, au mase colosale. Odată cu progresul investigațiilor astronomice, fiecare deținător al recordului e detronat de următorul, campionii maselor apropiindu-se de o sută de miliarde de ori cea a Soarelui. O gaură neagră cu asemenea masă are un orizont al evenimentelor atât de mare, încât s-ar extinde de la Soare până dincolo de orbita lui Neptun, o bună parte a distanței până la Norul lui Oort. Chiar dacă cunoştințele voastre despre Oort şi îndepărtatul său nor sunt cam prăfuite, e suficient să ştiți că lumina solară are nevoie de peste o sută de ore ca să ajungă acolo, prin urmare vorbim despre o gaură neagră cu anvergură monstruoasă. Dar aşa cum voi explica acum, dimensiunea enormă a acestor găuri negre ascunde un comportament blajin.

Conform relativității generale, rețeta pentru construirea unei găuri negre e cât se poate de simplă: adunați o cantitate oarecare de masă şi formați o sferă cu o rază suficient de mică.[11] Desigur, chiar şi cunoştințe superficiale despre găurile negre conduc la bănuiala că „suficient de mic“ înseamnă *realmente* mic, *spectaculos* de mic, *ridicol* de mic. Iar uneori bănuiala e justificată. Pentru a transforma un grepfrut într-o gaură neagră, acesta trebuie comprimat la un diametru de aproximativ 10^{-25} centimetri; pentru a transforma Pământul într-o gaură neagră, el trebuie comprimat la un diametru de aproximativ doi centimetri; iar în cazul Soarelui, diametrul trebuie să fie de vreo şase kilometri. Fiecare exemplu presupune o compresie fantastică a materiei, contribuind la intuiția generală că pentru a forma o gaură neagră e nevoie de densități fenomenale. Dar, dacă am continua să catalogăm exemple mult dincolo de masa Soarelui, concentrându-ne asupra formării unor găuri negre tot mai mari, am descoperi un tipar ce poate părea surprinzător.

Pe măsură ce cantitatea de materie folosită pentru a crea gaura neagră creşte, densitatea la care trebuie comprimată materia aceea *scade*. Dacă îmi permiteți să apelez puțin la matematică, motivul se vede imediat: deoarece raza orizontului evenimentelor e direct proporțională cu masa găurii negre, volumul e direct proporțional cu cubul masei, aşa încât densitatea medie – masa împărțită la volum – *scade* cu pătratul masei. Măriți masa de două ori, iar densitatea va scădea de patru ori; măriți masa de o mie de ori, iar densitatea va scădea de un milion de ori. Lăsând matematica deoparte, aspectul calitativ este că în formarea unei găuri negre, cu cât masa e mai mare, cu atât ea trebuie comprimată mai puțin.

Pentru a construi o gaură neagră precum cea din centrul Căii Lactee, a cărei masă e de aproximativ patru milioane de ori cea a Soarelui, e nevoie de materie cu o densitate de circa o sută de ori mai mare decât a plumbului, ceea ce încă pune probleme serioase de compresie. Pentru a construi una cu o masă de o sută de milioane de ori cea a Soarelui, densitatea necesară scade până la cea a apei. Iar pentru a construi una de patru miliarde de ori mai masivă decât Soarele, e nevoie de o densitate echivalentă cu cea a aerului pe care-l respirăm. Adunați o masă de aer de patru miliarde de ori mai mare decât a Soarelui şi, spre deosebire de cazul unui grepfrut, al Pământului sau al Soarelui, pentru a crea o gaură neagră nu va fi nevoie de nici o compresie. Gravitația care acționează asupra aerului va forma de una singură o gaură neagră.

Nu susțin că pungile de aer sunt o materie primă realistă pentru crearea găurilor negre supermasive, dar faptul că o gaură neagră cu masa de patru miliarde de ori mai mare decât a Soarelui are o densitate medie egală cu a aerului este remarcabil, şi o ilustrare elocventă a modului în care proprietățile găurilor negre pot să difere de concepțiile populare.[12] Gigantice în privința masei şi dimensiunii, asemenea găuri negre sunt delicate sub aspectul densităților medii, transformându-le categoric în nişte uriaşi blânzi. În sensul acesta, găurile negre mai mari sunt mai puțin extreme decât cele mai mici, constatare care oferă o explicație intuitivă a descoperirii lui Hawking, potrivit căreia cu cât o gaură neagră e mai masivă, cu atât temperatura sa e mai scăzută, şi strălucirea sa mai slabă.

Longevitatea găurilor negre mari beneficiază aşadar de pe urma a doi factori corelați: ele au mai

multă masă de radiat şi, date fiind temperaturile lor mai joase, o radiază mai lent. Introducând numere în ecuații, găsim că o gaură neagră cu o masă de aproximativ o sută de miliarde de ori mai mare decât a Soarelui se va dezagrega într-un ritm atât de relaxat, încât numai când vom ajunge la ultimul etaj al Empire State Building, etajul 102, ea îşi va fi dat ultima suflare radiativă, devenind într-adevăr neagră.[13]

Un sfârşit al timpului

Privind universul de la etajul 102, nu vom vedea decât o ceață difuză de particule plutind prin spațiu. Când şi când, atracția dintre un electron şi antiparticula sa, pozitronul, îi va aduce tot mai aproape pe o traiectorie spirală până se vor anihila într-o sclipire minusculă, un punct luminos ce străpunge preț de o clipă întunericul. Dacă energia întunecată a secat, şi expansiunea rapidă a spațiului s-a încetinit, e posibil ca particulele să se acumuleze în găuri negre şi mai masive, care vor radia şi mai lent, iar ca urmare vor trăi şi mai mult. Dar dacă energia întunecată persistă, expansiunea accelerată va îndepărta tot mai repede particulele unele de altele, făcând ca ele să se întâlnească rar sau deloc. În mod straniu, aceste condiții seamănă oarecum cu cele imediat ulterioare big bang-ului, când spațiul era de asemenea populat cu particule separate. Deosebirea e că în universul timpuriu densitatea particulelor era atât de mare, încât gravitația le-a convins cu uşurință să formeze structuri precum stele şi planete, pe când în universul târziu particulele vor fi foarte dispersate, şi expansiunea accelerată a spațiului implacabilă, aşa încât asemenea aglomerări vor fi extraordinar de

improbabile. Este o versiune cosmică a pulberii care se întoarce în pulbere, în care pulberea primordială a avut toate condițiile pentru a dansa pasul în doi entropic, gravitația determinând-o să formeze structuri astronomice ordonate, pe când cea de mai târziu va fi atât de dispersată, încât se va mulțumi să rătăcească în tăcere prin vid.

Fizicienii asemuiesc uneori această eră viitoare cu sfârşitul timpului. Nu-i vorba că timpul s-ar opri. Dar atunci când acțiunea va însemna doar că o particulă izolată se deplasează în vastitatea spațiului din locul acesta în locul acela, e rezonabil să conchidem că universul a trecut definitiv în uitare. Intenția noastră din acest capitol de a considera durate şi mai lungi face însă relevante procese atât de improbabile, încât în alte contexte ar fi respinse dintru început. Oricât de greu de imaginat, aceste evenimente rare ar putea întrerupe uitarea cu posibilități sporadice, dar bogate în consecințe.

Dezintegrarea vidului

La o conferință de presă ținută pe 4 iulie 2012 la CERN, Centrul European pentru Cercetări Nucleare, purtătorul de cuvânt Joe Incandela a anunțat descoperirea îndelung căutatei particule Higgs. Eu urmăream transmisia în direct la Centrul de Fizică Aspen împreună cu o mulțime de colegi. Era în jurul orei 2 a.m. Toată lumea a izbucnit în ovații. Camera de luat vederi s-a oprit asupra lui Peter Higgs, care şi-a scos ochelarii şi şi-a şters ochii. Higgs propusese particula care-i poartă numele în urmă cu aproape cincizeci de ani, înfruntase cu succes rezistența pe care o întâmpină uneori ideile nefamiliare şi aşteptase o viață întreagă ca să afle că avea dreptate.

În timpul unei lungi plimbări în împrejurimile oraşului Edinburgh, tânărul Peter Higgs a rezolvat o enigmă care-i nedumerise pe cercetătorii din întreaga lume. Cadrul matematic pentru a descrie forțele tare, slabă şi electromagnetică, precum şi particulele de materie pe care le influențează aceste forțe se contura cu repeziciune. Lucrând umăr la umăr, teoreticienii şi experimentatorii scriau un manual de mecanică cuantică, expunând funcționarea lumii microscopice. Exista însă o omisiune flagrantă. Ecuațiile nu puteau să explice cum îşi dobândesc particulele fundamentale masa. De ce atunci când împingi particule fundamentale (cum ar fi electronii sau cuarcii), simți că ele opun rezistență? Această rezistență reflectă masa particulei, dar ecuațiile păreau să spună altceva: potrivit matematicii, particulele n-ar trebui să aibă masă, deci să nu opună nici o rezistență. Evident, nepotrivirea dintre realitate şi matematică îi exaspera pe fizicieni.

Motivul pentru care matematica părea să admită numai particule fără masă e puțin cam tehnic, dar se reduce la o problemă de simetrie. La fel cum o bilă de biliard arată la fel indiferent cum o răsuceşti, ecuațiile care descriu particulele fundamentale arată la fel dacă schimbi un termen matematic cu altul. În ambele cazuri, insensibilitatea la schimbare – orientarea bilei şi respectiv rearanjarea matematică a ecuațiilor – reflectă un grad înalt de simetrie subiacentă. În cazul bilei, simetria face ca ea să se rostogolească lin. În cazul ecuațiilor, simetria face ca analiza matematică să decurgă. După cum şi-au dat seama cercetătorii din fizica particulelor, fără această simetrie ecuațiile ar fi inconsistente, producând absurdități similare cu rezultatul împărțirii lui unu cu zero. De unde enigma:

analizele au dezvăluit că aceeaşi simetrie matematică ce asigură ecuații viabile pretinde particule cu masă zero (ceea ce poate că n-ar trebui să surprindă, zero fiind el însuşi un număr foarte simetric, păstrându-şi ferm valoarea atunci când e înmulțit sau împărțit cu oricare alt număr).

Aici a intervenit Higgs. El a susținut că, în mod intrinsec, particulele *au* masă zero, exact cum pretind ecuațiile simetrice originare. Totuşi, a continuat Higgs, atunci când sunt aruncate în lume, particulele dobândesc masă printr-o influență a mediului. Higgs şi-a imaginat că spațiul e plin cu o substanță invizibilă, numită acum *câmpul Higgs*, şi că particulele împinse prin acest câmp percep o forță de rezistență oarecum asemănătoare cu cea percepută de o minge de wiffleball[40] care zboară prin aer. Deşi mingea de wiffleball are o greutate neglijabilă, dacă o scoți pe geamul unei maşini şi apeşi pe accelerator, brațul şi mâna în care ții mingea vor simți un efort: mingea pare masivă, fiindcă întâmpină rezistența exercitată de aer. În mod similar, a propus Higgs, atunci când împingi o particulă, ea pare masivă fiindcă întâmpină rezistența exercitată de câmpul Higgs. Cu cât particula e mai grea, cu atât ea se opune mai mult împingerii, ceea ce potrivit lui Higgs înseamnă că particula întâmpină o rezistență mai puternică din partea câmpului care umple tot spațiul.[14]

Chiar dacă nu sunteți familiarizați cu noțiunea de câmp Higgs, dar ați citit cu atenție capitolele precedente, ideea nu pare din cale afară de exotică. Fizica modernă s-a obişnuit cu ideea unor substanțe invizibile care inundă spațiul, versiuni recente ale vechiului eter. De la câmpul inflaton care e posibil să fi impulsionat big bang-ul, la energia întunecată care poate că e răspunzătoare de expansiunea

accelerată a universului măsurată în prezent, fizicienii din ultimele decenii nu s-au sfiit să propună ideea că spațiul e umplut de materie invizibilă. Dar în anii 1960 ideea era radicală. Higgs sugera că, dacă spațiul ar fi într-adevăr vid în sensul convențional şi intuitiv, particulele nu ar avea deloc masă. Drept care a conchis că spațiul nu poate fi vid, iar substanța pe care o conține trebuie să aibă exact proprietățile care să îmbibe particulele cu masa lor observabilă.

Primul articol în care Higgs a susținut această nouă propunere a fost respins din capul locului. „Mi s-a spus că vorbesc prostii“, şi-a amintit Higgs reacția.[15] Dar cei care au studiat cu atenție ideea i-au sesizat meritele, şi treptat ea a intrat în uz. În cele din urmă a fost acceptată pe deplin. Am întâlnit prima oară propunerea lui Higgs la un curs de doctorat în anii 1980, unde a fost prezentată cu atâta certitudine, încât o vreme nu mi-am dat seama că încă nu fusese confirmată experimental.

Strategia pentru testarea propunerii e pe cât de uşor de descris, pe atât de greu de pus în practică. Când două particule, să zicem doi protoni, se ciocnesc la viteze foarte mari, ciocnirea trebuie să perturbe câmpul Higgs. În teorie, din când în când aceasta va elibera o picătură minusculă de câmp, care se va manifesta ca un nou tip de particulă elementară – *particula Higgs* –, ceea ce laureatul Nobel Frank Wilczek numeşte „o aşchie desprinsă din vechiul vid“. Vederea acestei particule ar fi aşadar o dovadă concludentă în favoarea teoriei, obiectiv care a inspirat mai mult de treizeci de ani de cercetări efectuate de mai mult de trei mii de oameni de ştiință din peste treizeci de țări, folosind cel mai puternic accelerator de particule din lume, şi ale cărui costuri au depăşit cincisprezece miliarde de

dolari. Concluzia acelei odisei, anunțată în conferința de presă din Ziua Independenței, a fost semnalată de o mică proeminență într-un grafic altminteri neted, produs de datele colectate la Large Hadron Collider – confirmare experimentală a detectării particulei Higgs.

Este un episod minunat din analele descoperirilor umane, care aprofundează cunoaşterea proprietăților particulelor şi ne sporeşte încrederea în capacitatea matematicii de a dezvălui aspecte ascunse ale realității. Relevanța câmpului Higgs pentru călătoria noastră în timpul cosmic ține de un considerent înrudit, dar distinct – la un anumit moment în viitor valoarea câmpului Higgs s-ar putea schimba. Şi la fel cum rezistența întâmpinată de o minge de wiffleball s-ar modifica dacă densitatea aerului ar fi diferită, masele particulelor fundamentale s-ar modifica dacă valoarea câmpului Higgs prin care se mişcă ar fi diferită. Dacă ar fi cât de cât semnificativă, o asemenea schimbare ar distruge aproape sigur realitatea aşa cum o cunoaştem. Atomii, moleculele şi structurile pe care le construiesc depind în mod intim de proprietățile particulelor constituente. Soarele străluceşte grație fizicii şi chimiei hidrogenului şi heliului, care depind de proprietățile protonilor, neutronilor, electronilor, neutrinilor şi fotonilor. Celulele îşi îndeplinesc funcțiile mai ales grație fizicii şi chimiei constituenților moleculari, care şi ei depind de proprietățile particulelor fundamentale. Dacă se schimbă masele particulelor fundamentale, se schimbă comportamentul lor, iar astfel se schimbă totul.

Numeroase experimente de laborator şi observații astronomice au stabilit că în cea mai mare parte, dacă nu pe toată durata ultimilor 13,8 miliarde de

ani, masele particulelor fundamentale au fost constante, prin urmare valoarea câmpului Higgs a fost stabilă. Dacă însă există fie şi numai o probabilitate infimă ca în viitor câmpul Higgs să sară la o altă valoare, acea probabilitate va fi aproape cu certitudine amplificată în duratele enorme pe care le examinăm acum.

Fizica relevantă pentru un salt Higgs se numeşte *tunelare cuantică* sau *efect tunel*, un proces cuantic care poate fi mai bine înțeles examinându-l în prealabil într-un cadru mai simplu. Să plasăm o bilă într-o cupă de şampanie goală; dacă nimeni n-o deranjează, ne aşteptăm ca bila să rămână acolo. La urma urmei, e înconjurată de bariere şi nu are suficientă energie pentru a escalada pereții paharului şi a evada prin deschizătură. Şi nici pentru a trece direct prin sticlă. În mod similar, dacă plasăm un electron într-o capcană în forma unei minuscule cupe de şampanie, înconjurându-l din toate părțile cu bariere, ne-am aştepta ca şi el să rămână acolo. Şi într-adevăr, în cea mai mare parte a timpului, electronul rămâne acolo. Uneori însă nu rămâne. Uneori electronul dispare din capcană şi se rematerializează în exterior.

Oricât de surprinzătoare ar părea o asemenea mişcare demnă de Houdini[41], în mecanica cuantică ea este ceva obişnuit. Folosind ecuația lui Schrödinger, putem calcula probabilitatea ca un electron să se găsească într-un loc sau altul, de pildă în interiorul sau în exteriorul capcanei. Matematica arată că, cu cât capcana e mai solidă – cu cât pereții sunt mai înalți şi mai groşi – cu atât probabilitatea ca electronul să scape e mai mică. Dar, şi aceasta e cheia, pentru ca probabilitatea să fie zero, capcana ar trebui să fie infinit de largă sau infinit de înaltă, iar în lumea reală aşa ceva nu se întâmplă. O

probabilitate diferită de zero, oricât de mică, înseamnă că, dacă aşteptăm suficient de mult, mai devreme sau mai târziu electronul *va trece* în partea cealaltă. Observațiile confirmă acest lucru. Prin „tunelare cuantică“ se înțelege această traversare a barierei.

Am prezentat tunelarea cuantică în termenii unei particule care străpunge o barieră, schimbându-şi poziția dintr-un loc într-altul, dar ea poate să implice şi un câmp care străpunge o barieră, schimbându-şi astfel valoarea. Un asemenea proces, implicând câmpul Higgs, poate să decidă soarta pe termen lung a universului.

În unitățile convenționale folosite de fizicieni, valoarea actuală a câmpului Higgs este 246.[16] De ce 246? Nimeni nu ştie. Dar forța de rezistență produsă de un câmp Higgs cu această valoare (împreună cu modul precis în care fiecare particulă interacționează cu el) reuşeşte să explice masele particulelor fundamentale. De ce a rămas valoarea Higgs stabilă timp de miliarde de ani? Răspunsul, credem, este că valoarea Higgs, la fel ca bila din cupă sau electronul din capcană, e înconjurată din toate părțile de bariere solide: dacă câmpul Higgs ar încerca să migreze de la 246 la un număr mai mare sau mai mic, bariera l-ar obliga să revină la valoarea inițială, la fel cum bila revine pe fundul cupei după ce cineva a scuturat-o. Iar în lipsa considerentelor cuantice, valoarea Higgs ar rămâne permanent 246. Dar, aşa cum a descoperit Sidney Coleman la jumătatea anilor 1970, tunelarea cuantică schimbă povestea.[17]

La fel cum mecanica cuantică permite ocazional unui electron să scape prin efect tunel dintr-o capcană, ea permite şi ca valoarea câmpului Higgs să tuneleze o barieră. Dacă s-ar întâmpla aşa ceva,

câmpul Higgs nu şi-ar schimba valoarea simultan în tot spațiul. În schimb, într-o regiune minusculă selectată prin natura aleatorie a evenimentelor cuantice, câmpul Higgs ar tunela bariera către o valoare diferită. Apoi, aşa cum o bilă care răzbate prin cupa de şampanie va cădea la o înălțime mai joasă, valoarea câmpului Higgs va cădea la o energie mai joasă. Momeala unei energii mai joase va ademeni câmpul Higgs din locuri învecinate să facă de asemenea tranziția, un efect de domino care va produce o sferă tot mai extinsă în interiorul căreia valoarea Higgs s-a schimbat.

În interiorul sferei, noua valoare Higgs va provoca schimbarea masei particulelor, aşa încât caracteristicile familiare ale fizicii, chimiei şi biologiei nu vor mai fi valabile. În afara sferei, unde valoarea Higgs încă nu s-a modificat, particulele îşi vor păstra proprietățile obişnuite, şi totul va părea normal. Coleman a arătat că suprafața sferei, marcând tranziția de la vechea la noua valoare Higgs, s-ar extinde cu o viteză foarte apropiată de cea a luminii.[18] Ceea ce înseamnă că acelora dintre noi aflați în lumea exterioară le-ar fi practic imposibil să vadă apropierea zidului apocaliptic. În clipa când l-am vedea, ar fi deja pe noi. Acum totul e ca de obicei, pentru ca în momentul următor să încetăm a mai exista. Ar putea noi structuri şi poate noi forme de viață să evolueze până la urmă în tărâmul acesta populat de particule cu proprietăți necunoscute? Posibil. Dar aceste întrebări depăşesc capacitatea noastră actuală de a răspunde.

Fizicienii nu pot preciza când ar putea face un asemenea salt câmpul Higgs. Scara de timp depinde de proprietăți ale particulelor şi forțelor care încă n-au fost determinate cu suficientă precizie. În plus, fiind un proces cuantic, poate fi prezis doar

probabilistic. Conform datelor disponibile, câmpul Higgs e probabil să tuneleze către o valoare diferită cândva între 10^{102} şi 10^{359} ani de acum înainte – undeva între etajele 102 şi 359 (un interval inaccesibil chiar şi turnului Burj Khalifa).[19]

Deoarece câmpul Higgs redefineşte ceea ce înțelegem prin vid – cel mai vid dintre spațiile vide din universul observabil conține câmpul Higgs cu valoarea 246 –, tunelarea cuantică a valorii câmpului Higgs dezvăluie o instabilitate a vidului însuşi. Dacă aşteptăm suficient, chiar şi spațiul vid se va dezintegra. Deşi scara de timp pentru o asemenea schimbare, o asemenea dezintegrare, nu prea oferă motive de îngrijorare, există o probabilitate ca evenimentul de tunelare să se producă astăzi. Sau mâine. Aceasta e povara de a trăi într-un univers cuantic în care evenimentele viitoare sunt guvernate de probabilități. Ca şi cum ai lăsa să cadă câteva sute de monede, şi toate ar arăta aceeaşi față – posibil, dar improbabil –, am putea fi pe punctul de a fi izbiți de un zid marcând tranziția câmpului Higgs şi aducând o nouă varietate de spațiu vid. Posibil, dar de asemenea improbabil.

Faptul că probabilitatea aceasta e minusculă pare un lucru bun. A fi spulberat de un zid apocaliptic care se deplasează cu viteza luminii, deşi rapid şi nedureros, e ceva ce majoritatea am prefera să evităm. Dacă însă ne îndreptăm atenția către scări de timp încă şi mai lungi vom întâlni procese cuantice care sunt nu doar bizare, dar pot submina tot ce considerăm adevărat în privința realității. Ca reacție, unii fizicieni au cultivat o predilecție pentru teorii în care universul se va sfârşi cu mult înainte să ne confruntăm cu implozia gândirii raționale înseşi.

Creiere Boltzmann

Urcând pe firul timpului, am văzut legea a doua a termodinamicii în acțiune. De la big bang la formarea stelelor, apariția vieții, a proceselor mentale, şi până la dezintegrarea găurilor negre, entropia a crescut implacabil. Această creştere constantă poate ascunde faptul că decretul legii a doua e probabilistic. Entropia *poate* să scadă. Particulele de aer care acum sunt răspândite în toată camera *se pot* agrega simultan într-o sferă care să plutească sub tavan, lăsându-ne să ne sufocăm. Doar că e atât de improbabil, iar scara de timp pentru a se întâmpla aşa ceva e atât de mare, încât admitem posibilitatea, dar ne vedem cu înțelepciune de treburile noastre. Totuşi, fiindcă acum adoptăm o perspectivă pe termen lung, trebuie să abandonăm provincialismul temporal şi să examinăm unele posibilități de scădere a entropiei cu adevărat şocante.

Imaginați-vă că citiți cartea aceasta de o oră, stând în fotoliul preferat şi sorbind când şi când ceai din ceaşca preferată. Dacă vă întreabă cineva cum ați ajuns la acest aranjament confortabil, veți spune că ați cumpărat ceaşca de la un olar din New Mexico, ați moştenit fotoliul de la bunica din partea tatălui, şi dintotdeauna v-a interesat funcționarea universului, drept care ați ales cartea de față. Îndemnați să oferiți mai multe detalii, ați putea vorbi despre educație, frați, surorile, părinți şi aşa mai departe. Dacă se insistă să vă întoarceți şi mai mult în trecut şi să oferiți o descriere completă, în cele din urmă ați putea vorbi chiar despre materia tratată în capitolele anterioare.

Toate acestea se bazează pe un fapt straniu: tot ce ştim reflectă gânduri, amintiri şi senzații care rezidă *în prezent* în creierul nostru. Cumpărarea ceştii s-a petrecut demult. Ceea ce rămâne e o configurație de

particule din interiorul capului care păstrează această amintire. Acelaşi lucru e valabil pentru amintirile privind moştenirea fotoliului bunicii, curiozitatea legată de univers şi faptul că ați citit despre diverse noțiuni în această carte. Dintr-o perspectivă fizicalistă fermă, toate acestea se găsesc în creierul vostru în momentul acesta datorită aranjamentului specific al particulelor din creierul vostru în momentul acesta. Ceea ce înseamnă că, dacă o pulbere aleatorie de particule zburând prin vidul unui univers destructurat, cu entropie înaltă, s-ar coagula spontan într-o configurație cu entropie mai scăzută care întâmplător coincide cu cea a particulelor care constituie acum creierul vostru, acel ansamblu de particule ar avea aceleaşi amintiri, gânduri şi senzații ca voi. În onoarea sa ori ca un reproş, nu sunt sigur, asemenea minți ipotetice care plutesc libere prin spațiu, formate prin reunirea spontană, rară, dar posibilă, a particulelor într-o configurație specială extrem de ordonată, au fost numite *creiere Boltzmann*.[20]

Singur în întunericul glacial al spațiului, un creier Boltzmann n-ar apuca să gândească prea mult înainte de a pieri. Totuşi, o reuniune spontană de particule ar putea furniza şi accesoriile care să-i prelungească funcționarea: adăpostul unui cap şi al unui trup, o rezervă de hrană şi apă, o stea şi o planetă adecvate, pentru a menționa doar câteva. Într-adevăr, o reuniune spontană de particule (şi câmpuri) ar putea produce întreg universul actual sau recrea condițiile care au declanşat big bang-ul, permițând ca un univers foarte asemănător cu al nostru să evolueze din nou.[21] Desigur, în ce priveşte scăderea spontană a entropiei, probabilitățile favorizează copleşitor scăderile mai mici: câteva particule care se reunesc în structuri care sunt mai

tolerante la aranjamentele imprecise. Iar prin favorizare copleşitoare înțeleg favorizare într-adevăr *copleşitoare*. Favorizare exponențială. Şi fiindcă ne interesează în mod special viitorul îndepărtat al gândirii, un creier Boltzmann solitar este formațiunea aleatorie minimală, şi deci cea mai probabilă, de particule care poate desfăşura pentru scurt timp activități mentale, iar în felul acesta să se întrebe cum naiba a ajuns să existe.[22]

Ceea ce face din toate acestea mai mult decât scenariul unui film SF de categoria B este că, dacă privim spre viitorul îndepărtat, condițiile par prielnice pentru ca asemenea procese bizare să aibă loc cu adevărat. Un ingredient esențial e expansiunea accelerată a spațiului. Am remarcat înainte că o asemenea expansiune produce un orizont cosmologic – o sferă înconjurătoare îndepărtată marcând granița dincolo de care obiectele se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât cea a luminii, excluzând orice posibilitate de contact sau influență. Hawking a arătat că o consecință a mecanicii cuantice este că orizontul unei găuri negre are o temperatură şi emite radiație; folosind un raționament similar, Hawking şi colaboratorul său Gary Gibbons au arătat că un orizont cosmologic are de asemenea o temperatură şi emite radiație. Analiza noastră din capitolul precedent privind viitorul gândirii s-a bazat tocmai pe acest fapt, ducând la concluzia că temperatura infimă a orizontului nostru cosmologic, de aproximativ 10^{-30} grade Kelvin, va fi suficientă pentru a face ca viitori Gânditori, în încercarea lor disperată de a continua să gândească indefinit, să sfârşească incinerați în propriile lor gânduri. Aşa cum vom vedea acum, pe durate de timp cu mult mai lungi, considerații similare oferă viitorului

gândirii posibilitatea unei stranii renaşteri.

În viitorul îndepărtat, radiația emisă de orizontul cosmologic va oferi o sursă slabă, dar constantă, de particule (predominant particule fără masă, fotoni şi gravitoni) care vor rătăci prin regiunea spațiului înconjurată de orizont. Din când în când, ansambluri de asemenea particule se vor ciocni şi, în virtutea ecuației $E = mc^2$, îşi vor transmuta energia de mişcare în producerea unui mic număr de particule mai masive precum electroni, cuarci, protoni, neutroni şi antiparticulele lor. Rezultatul fiind mai puține particule şi mai puțină mişcare, aceste procese reduc entropia, dar, dacă aşteptăm un timp suficient, asemenea lucruri improbabile se vor întâmpla. Şi vor continua să se întâmple. Încă şi mai rar, unii dintre protonii, neutronii şi electronii astfel produşi se vor mişca exact în modul adecvat pentru a se uni în cutare sau cutare specie atomică. Duratele enorme necesare pentru asemenea procese rare explică de ce ele sunt irelevante în sinteza nucleelor atomice imediat după big bang sau în interiorul stelelor. Dar acum, dispunând de un timp nelimitat, ele contează. Pe întinderi temporale încă şi mai vaste, atomii se vor uni aleatoriu într-o gamă de configurații din ce în ce mai complexe, făcând posibil ca, din când în când, pe drumul către eternitate, un ansamblu să se agrege într-o structură macroscopică sau alta – de la păpuşi bobblehead la automobile de lux Bentley. În absența ființelor gânditoare, toate acestea vor apărea şi vor dispărea neobservate. Dar când şi când structura macroscopică formată în mod aleatoriu va fi un creier. De mult dispărută, gândirea va cunoaşte un scurt reviriment.

Care e scara de timp a unei asemenea resurecții? Cu un calcul sumar (pe care cei pasionați de

matematică îl pot găsi în notele finale[23]) putem estima că există o şansă rezonabilă ca un creier Boltzmann să se formeze în răstimp de $10^{10^{68}}$ ani. Acesta e un timp lung. Dacă putem scrie durata reprezentată de ultimul etaj al Empire State Building, 10^{102} ani, ca 1 urmat de 102 zerouri, circa un rând şi jumătate, pentru a scrie $10^{10^{68}}$ – care este 1 urmat de 10^{68} zerouri –, am putea înlocui fiecare caracter de pe fiecare pagină a fiecărei cărți care a fost tipărită vreodată şi nu am progresa deloc. Dar chiar şi aşa, nu e nimeni care să dea târcoale cu ochii pe ceas, aşteptând ca scăderea entropiei să se grăbească şi să producă un creier. Universul poate dăinui practic o eternitate într-o stare cu entropie înaltă, dezordonată şi neinteresantă, şi nimeni nu s-ar plânge.

Ceea ce conduce la o problemă interesantă, oarecum personală. De unde provine creierul nostru? Întrebarea pare stupidă, dar sunt dispus să intru în joc. Pentru a răspunde, ne urmăm în mod firesc amintirile şi cunoştințele şi explicăm că ne-am născut cu creierul şi că începutul nostru e parte a unei succesiuni pe care o putem urmări în trecut prin genealogia ancestrală, prin registrul evolutiv al vieții, prin formarea Pământului, a Soarelui şi aşa mai departe, până la big bang. La prima vedere, pare foarte rezonabil. Cei mai mulți dintre noi ar oferi o versiune a aceluiaşi răspuns. Dar, aşa cum am văzut în capitolele precedente, fereastra de timp în care creierele se pot forma în modul relatat e limitată – pentru a fi generoşi, intervalul e cuprins probabil între etajele 10 şi 40 ale Empire State Building. Fereastra de timp în care creierele se pot forma în maniera boltzmanniană e incomparabil mai lungă – posibil nelimitată.[24] Cu trecerea timpului, creierele Boltzmann vor continua să se agrege, rar, dar sigur,

aşa încât numărul total de asemenea creiere care vor apărea şi dispărea va deveni tot mai mare. Examinarea unei perioade de timp suficient de lungi arată că populația totală de creiere Boltzmann depăşeşte cu mult populația totală a celor tradiționale. Acelaşi lucru e adevărat, chiar dacă ne concentrăm numai asupra acelor creiere Boltzmann ale căror configurații de particule imprimă convingerea eronată că au apărut în maniera biologică tradițională. Repet, oricât de rar ar fi un proces, pe durate arbitrar de lungi, el va avea loc de arbitrar de multe ori.

Dacă ne întrebăm apoi care e cel mai probabil mod în care am dobândit credințele, amintirile, cunoştințele şi înțelegerea pe care le avem în prezent, răspunsul imparțial bazat doar pe mărimea populației este evident: creierul s-a format spontan din particule în spațiul vid, toate amintirile şi celelalte calități neuropsihologice fiind imprimate în configurația specifică a particulelor. Povestea despre originea noastră e emoționantă, dar falsă. Amintirile şi diversele şiruri de raționamente care au dus la cunoştințele şi credințele noastre sunt toate fictive. Nu avem un trecut. Tocmai am luat ființă ca nişte creiere dezîntrupate, cu gânduri şi amintiri ale unor lucruri care nu s-au întâmplat niciodată.[25]

Dincolo de stranietatea sa absolută, acest scenariu vine cu o concluzie devastatoare, motivul pentru care m-am concentrat pe formarea spontană de creiere, şi nu nenumărate alte obiecte pe care agregarea întâmplătoare a particulelor le pot de asemenea realiza. Dacă un creier, al vostru, al meu sau al oricui altcuiva, nu poate avea încredere că amintirile şi credințele sale sunt reflexia exactă a unor evenimente care s-au petrecut, atunci nici un creier nu poate avea încredere în presupusele

măsurători, observații şi calcule care alcătuiesc baza cunoaşterii ştiințifice.[26] Îmi amintesc că am învățat relativitatea generală şi mecanica cuantică, pot urmări şirul raționamentelor care susțin aceste teorii, îmi aduc aminte că am examinat datele şi observațiile pe care aceste teorii le explică într-un mod atât de impresionant etc. Dar, dacă nu pot fi sigur că aceste gânduri au fost imprimate de evenimentele reale cu care le asociez, nu pot fi sigur că teoriile acestea sunt mai mult decât plăsmuiri mentale, şi prin urmare nu pot avea încredere în nici una dintre concluziile lor. Pentru cârcotaşi, printre aceste concluzii, devenite acum nedemne de încredere, este şi probabilitatea ca eu să fiu un creier creat spontan plutind în spațiul vid. Scepticismul profund ce rezultă din posibilitatea formării spontane a creierelor ne obligă să fim sceptici chiar în privința raționamentului care ne-a condus la această posibilitate.

Pe scurt, rarele scăderi spontane ale entropiei, care sunt permise de legile fizicii, ne pot zdruncina încrederea chiar în acele legi şi în toate presupusele lor consecințe. Considerând legile care acționează pe durate arbitrar de lungi, suntem aruncați într-un coşmar sceptic care zdruncină încrederea noastră în orice. Nu-i o situație plăcută. Prin urmare, cum putem redobândi încrederea în fundamentele gândirii raționale, care au înlesnit ascensiunea noastră viguroasă pe Empire State Building şi mai departe? Fizicienii au elaborat un număr de strategii.

Unii conchid că creierele Boltzmann sunt mult zgomot pentru nimic. Desigur, această perspectivă acceptă că ele se pot forma. Dar nu vă faceți griji. Categoric nu ne numărăm printre ele. Iată cum se poate demonstra: priviți lumea şi rețineți tot ce vedeți. Dacă sunteți creiere Boltzmann, e copleşitor

de probabil ca în momentul următor să încetați să mai existați. Un creier care poate dura mai mult e parte a unui sistem mai mare şi mai ordonat, şi ca atare necesită o fluctuație încă şi mai rară spre o entropie şi mai scăzută, făcând ca formarea lui să fie şi mai improbabilă. Prin urmare, dacă a doua privire asupra lumii seamănă foarte mult cu prima, încrederea că nu sunteți creiere Boltzmann va creşte. Într-adevăr, potrivit acestei perspective, fiecare moment asemănător celui precedent consolidează argumentul şi sporeşte încrederea.

De remarcat totuşi că argumentul presupune că fiecare moment dintr-o asemenea succesiune e real în sensul convențional. Dacă în momentul acesta vă amintiți că în ultimul minut ați privit lumea de zece ori, asigurându-vă în mod repetat că nu sunteți creiere Boltzmann, amintirea aceasta reflectă doar starea de moment a creierului, şi ca atare e compatibilă cu posibilitatea ca creierul să fi apărut chiar acum, imprimat chiar cu acele amintiri. Ducând scenariul până la ultimele consecințe, vă dați seama că observațiile empirice pe care le-ați folosit ca argument că nu sunteți creiere Boltzmann pot fi ele însele parte a ficțiunii. Îmi amintesc că mi-am spus „Gândesc, deci exist“, dar din perspectiva unui moment oarecare, formularea exactă mi-ar impune să spun: „Gândesc că am gândit, deci gândesc că am existat.“ În realitate, amintirea unor asemenea gânduri nu garantează că ele s-au desfăşurat vreodată.

O abordare mai convingătoare e de a contesta scenariul subiacent: esențială pentru argumentul în favoarea creierelor Boltzmann este existența unui orizont cosmologic care radiază continuu particule, materia primă pentru construirea unor structuri complexe, inclusiv minți. Pe termen lung, dacă

energia întunecată care umple spațiul s-ar disipa, expansiunea accelerată s-ar opri, iar orizontul cosmologic ar dispărea. Fără o suprafață înconjurătoare îndepărtată care să radieze particule, temperatura spațiului s-ar apropia de zero, iar odată cu ea şi şansa formării spontane a unor structuri macroscopice complexe. Deocamdată nu există nici o dovadă pentru slăbirea (sau intensificarea) energiei întunecate, dar viitoare misiuni de observație vor studia această posibilitate cu mai mare precizie. O concluzie prudentă este că juriul încă mai deliberează.[27]

Încă şi mai radicale sunt abordările în care universul, sau cel puțin universul aşa cum îl cunoaştem, pur şi simplu nu va exista arbitrar de mult în viitor. În absența duratelor fantastic de lungi pe care le-am examinat, probabilitatea formării unor creiere Boltzmann devine atât de mică, încât putem ignora întregul proces fără nici un risc. Dacă universul s-ar sfârşi cu mult înaintea scării de timp care să facă probabilă producerea creierelor Boltzmann, am putea lăsa scepticismul deoparte şi să revenim confortabil la explicația anterioară a originii şi dezvoltării creierelor noastre, inclusiv amintirile, cunoştințele şi credințele.[28]

Cum ar putea surveni un asemenea sfârşit rapid al universului?

Sfârşitul e aproape?

Mai înainte am considerat posibilitatea unui salt cuantic al câmpului Higgs către o nouă valoare, cu rezultatul unei schimbări bruşte a proprietăților particulei care ar rescrie multe dintre procesele fundamentale ale fizicii, chimiei şi biologiei. Universul ar continua să existe, dar aproape sigur

fără noi. Dacă această separare s-ar petrece cu mult înaintea scării de timp necesare pentru formarea creierelor Boltzmann – după cum sugerează în prezent datele despre câmpul Higgs – creierele obişnuite vor domina populația, şi vom evita marasmul sceptic.[29]

O soluție şi mai categorică ar rezulta dintr-un salt cuantic în care valoarea energiei întunecate s-ar schimba brusc. În prezent, expansiunea accelerată a cosmosului e alimentată de o energie întunecată pozitivă care inundă toate regiunile spațiului. Dar, la fel cum energia întunecată pozitivă produce o gravitație repulsivă îndreptată spre exterior, energia întunecată negativă produce o gravitație atractivă orientată spre interior. În consecință, un eveniment de tunelare cuantică în care energia întunecată a sărit la o valoare negativă ar marca tranziția de la un univers în expansiune la unul care colapsează. O asemenea schimbare radicală ar face ca totul – materie, energie, spațiu, timp – să fie comprimat la o densitate şi temperatură extraordinare, un fel de big bang inversat pe care fizicienii îl numesc *big crunch* (marea implozie).[30] La fel cum există o incertitudine în legătură cu ce s-a întâmplat la momentul zero, declanşând big bang-ul, există o incertitudine şi în legătură cu ce se va întâmpla în momentul final, implozia însăşi. Este însă evident că, dacă marea implozie se va produce într-un timp mult mai scurt decât $10^{10^{68}}$ ani, implicațiile ciudate ale creierelor Boltzmann vor deveni din nou irelevante.

Într-o ultimă abordare, al cărei interes depăşeşte considerațiile asupra creierelor Boltzmann, fizicianul Paul Steinhardt şi colaboratorii săi Neil Turok şi Anna Ijjas îşi imaginează că acestei posibile implozii care pune capăt universului îi urmează un salt mai optimist care produce un nou

univers.[31] Potrivit acestei teorii, regiuni ale spațiului la fel ca a noastră traversează faze de expansiune urmate de contracție, ciclurile repetându-se la infinit. Big bang-ul devine *big bounce* (marele ricoşeu) – un recul de la perioada precedentă de contracție. Ideea în sine nu e complet nouă. La scurt timp după ce Einstein a elaborat teoria relativității generale, o versiune ciclică a cosmologiei a fost propusă de Aleksandr Friedmann şi dezvoltată mai apoi de Richard Tolman.[32] Scopul lui Tolman, în particular, a fost să evite întrebarea cum a început universul. Dacă ciclurile se extind infinit de departe în trecut, atunci problema începutului nu se pune. Universul a existat dintotdeauna. Tolman a constatat însă că legea a doua a termodinamicii zădărniceşte această perspectivă. Acumularea continuă de entropie de la un ciclu la următorul implică faptul că universul actual în care locuim poate fi precedat doar de un număr finit de cicluri, necesitând aşadar un început. În noua lor versiune a abordării ciclice, Steinhardt şi Ijjas susțin că pot depăşi această dificultate. Ei au stabilit că în decursul fiecărui ciclu o anumită regiune a spațiului se extinde cu mult mai mult decât se contractă, făcând ca entropia pe care o conține să fie complet diluată. Ciclu după ciclu, entropia totală în întregul spațiu creşte, în acord cu legea a doua a termodinamicii. Dar în orice regiune finită, precum cea care dă naştere domeniului nostru observabil, acumularea entropiei de care s-a poticnit Tolman nu mai reprezintă o problemă. Expansiunea diluează toată materia şi radiația, în timp ce contracția ulterioară foloseşte puterea gravitației pentru a produce doar atâta energie de calitate înaltă câtă e necesară pentru a porni un nou ciclu.

Durata fiecărui ciclu e determinată de valoarea energiei întunecate care, pe baza măsurătorilor

actuale, stabileşte un timp de ordinul sutelor de miliarde de ani. Întrucât acesta e mult mai scurt decât timpul necesar pentru formarea creierelor Boltzmann, cosmologia ciclică oferă o altă posibilă soluție pentru păstrarea rațională. Deşi pe durata fiecărui ciclu va exista timp din belşug pentru a produce creiere în maniera obişnuită, el se va încheia mult înaintea timpului necesar pentru a produce creiere în maniera boltzmannianã. Am putea atunci declara cu un grad rezonabil de încredere că amintirile noastre au fost create de evenimente care s-au petrecut în realitate.

Privind spre viitor, abordarea ciclică sugerează că ascensiunea noastră pe Empire State Building va fi întreruptă, terminându-se undeva în preajma etajului 11 sau 12, când faza de contracție a spațiului va duce la un salt care va pune capăt ciclului actual şi-l va iniția pe următorul. Liniaritatea metaforei zgârie-norului va trebui de asemenea actualizată la o formă spirală (îmi vine în minte o versiune avântată a Muzeului Guggenheim), fiecare spiră reprezentând un ciclu cosmologic. Mai mult, deoarece ciclurile ar putea dura indefinit atât în trecut cât şi în viitor, ar trebui să ne imaginăm structura extinzându-se infinit de departe în ambele sensuri. Realitatea aşa cum o cunoaştem ar face parte dintr-o singură spiră în jurul traiectoriei cosmologice.

În ultimii ani, cosmologia ciclică s-a remarcat ca un principal competitor al teoriei inflaționare. Deşi ambele pot explica observațiile cosmologice, inclusiv extrem de importantele variații de temperatură ale radiației de fond de microunde, teoria inflaționară continuă să domine cercetarea cosmologică. Aceasta reflectă în parte dificultatea de a stârni interesul fizicienilor pentru o alternativă la o teorie care în ultimele patru decenii a

transformat cosmologia într-o ştiinţă matură şi precisă. Dacă trăim în ceea ce se numeşte epoca de aur a cosmologiei, aceasta se datorează în mare parte teoriei inflaționare. Bineînțeles, adevărul în ştiinţă nu e determinat de sondaje de opinie sau de popularitate. E determinat de experimente, observații şi dovezi. Iar teoriile inflaționară şi ciclică fac o predicție observațională care diferă semnificativ, iar într-o bună zi am putea decide în favoarea uneia din ele: explozia de expansiune inflaționară din big bang probabil că a perturbat atât de puternic țesătura spațiului, încât undele gravitaționale produse ar putea fi încă detectabile. Expansiunea mai domoală din modelul ciclic produce unde gravitaționale prea slabe pentru a fi observate. În viitorul nu prea îndepărtat, observațiile ar putea înclina balanța în favoarea uneia din cele două abordări cosmologice.[33]

În rândul cercetătorilor, inflația rămâne teoria cosmologică predilectă, de aceea ne-am concentrat asupra ei în capitole precedente. Rămâne totuşi captivant să ne imaginăm viitoare observații care ne adâncesc cunoaşterea cosmosului şi fac din era noastră doar una dintr-un număr mare, poate infinit, de momente de înțelegere incompletă. Deşi asta ar afecta discuția despre primele stadii ale universului precum şi despre evoluția lui dincolo de aproximativ etajul 12, considerentele esențiale cu privire la entropie şi evoluție care ne-au călăuzit pe toată durata călătoriei vor rămâne valabile. În cazul în care s-ar confirma teoria ciclică, cel mai impresionant ar fi să aflăm că tiparul omniprezent – naştere, moarte şi renaştere – e recapitulat la scară cosmologică. E un model seducător. Încă de pe vremea vechilor indieni, egipteni şi babilonieni, gânditorii şi-au imaginat că în loc să aibă un

început, un mijloc şi un sfârşit, universul, la fel ca zilele şi anotimpurile, ar putea parcurge o succesiune infinită de cicluri. În viitorul nu prea îndepărtat, datele colectate de observatoarele de unde gravitaționale ar putea dezvălui dacă şi cosmosul adoptă acest tipar.[34]

Gândirea şi multiversul

O călătorie cu o viteză arbitrară în adâncurile spațiului ar ajunge la un capăt? Ar continua veşnic? Sau poate ar reveni în punctul de pornire într-o versiune cosmică a călătoriei lui Magellan? Nimeni nu ştie. În teoria inflaționară, formulările matematice cele mai atent studiate implică faptul că spațiul e infinit, explicând în parte de ce cercetătorii au acordat cea mai mare atenție acestei posibilități. Pentru viitorul îndepărtat al gândirii, spațiul infinit are o consecință deosebit de bizară, de aceea haideți să urmăm perspectiva inflaționară dominantă şi să presupunem că spațiul e infinit.[35]

Vasta majoritate a spațiului infinit va fi dincolo de capacitatea noastră de a vedea. Lumina emisă dintr-un loc îndepărtat e vizibilă pentru telescoapele noastre numai dacă a existat suficient timp ca ea să fi traversat spațiul care ne desparte. Folosind durata maximă posibilă pentru călătorie – timpul scurs de la big bang, 13,8 miliarde de ani – putem calcula că distanța maximă la care putem vedea în orice direcție este de circa 45 de miliarde de ani-lumină (poate ați crezut că limita este de 13,8 de miliarde de ani-lumină, dar fiindcă spațiul se extinde în timpul cât lumina călătoreşte, distanța e mai mare). Dacă ați crescut pe o planetă aflată la o distanță mai mare de Pământ, n-ar exista nici o cale de a comunica sau a ne influența direct unii pe alții. De

aceea, dacă presupunem că spațiul e infinit, ni-l putem imagina ca pe un mozaic de regiuni cu diametrul de 90 de miliarde de ani-lumină separate între ele, fiecare regiune evoluând independent de celelalte.[36] Fizicienilor le place să considere fiecare asemenea regiune ca pe un univers independent, întregul ansamblu fiind un *multivers*. În consecință, o întindere spațială infinită dă naştere unui multivers care conține un număr infinit de universuri.

Studiind aceste universuri, fizicienii Jaume Garriga şi Alex Vilenkin[37] au stabilit o caracteristică fundamentală. Dacă am urmări o serie de filme care arată evoluția cosmologică a fiecăruia, filmele nu ar putea fi toate diferite. Deoarece fiecare regiune are o dimensiune finită şi conține o cantitate mare, dar finită, de energie, există doar un număr finit de istorii distincte posibile. Intuitiv, am putea gândi altfel. Ne-am aştepta să existe un număr infinit de variații întrucât, dată fiind o istorie oarecare, o putem întotdeauna modifica schimbând poziția uneia sau alteia dintre particule. Dar, dacă aceste schimbări sunt prea mici, ele vor cădea sub limita de sensibilitate a incertitudinii cuantice, şi ca atare vor fi irelevante; dacă sunt prea mari, particulele nu vor rămâne în aceeaşi regiune, sau energiile lor vor depăşi valoarea maximă disponibilă. Cu constrângeri deopotrivă la scară mică şi la scară mare, există doar un număr finit de variații, şi prin urmare e posibil doar un număr finit de filme diferite.

Cu infinit de multe regiuni şi doar un număr finit de filme, pur şi simplu nu există suficiente filme diferite. Putem fi siguri că filmele se vor repeta; mai mult, putem fi siguri că ele se vor repeta de o infinitate de ori. E de asemenea sigur că fiecare film va fi folosit. Variațiile cuantice care fac ca o istorie

să fie diferită de alta sunt aleatorii, şi ca atare ele acoperă toate configurațiile posibile. Nici o istorie nu e omisă. Ansamblul infinit de universuri realizează aşadar toate istoriile posibile, iar fiecare istorie e realizată de o infinitate de ori.

De aici decurge o concluzie ciudată: realitatea pe care voi, eu şi toți ceilalți o percepem se întâmplă în alte regiuni – în alte universuri – iar şi iar. Modificați acea realitate în orice mod care nu e strict interzis de legile fizicii (de exemplu, nu puteți viola conservarea energiei sau a sarcinii electrice), şi rezultatul de asemenea există undeva, iar şi iar. Mintea e tentată să imagineze realități alternative – Lee Harvey Oswald greşeşte ținta, Claus von Stauffenberg reuşeşte, James Earl Ray ratează.[42] Cei pasionați de mecanica cuantică vor recunoaşte o similitudine cu aşa-numita interpretare a lumilor multiple a fizicii cuantice, conform căreia fiecare rezultat posibil permis de legile cuantice se înfăptuieşte în propriul său univers separat. Fizicienii au dezbătut timp de peste o jumătate de secol dacă această abordare a mecanicii cuantice e legitimă din punct de vedere matematic, iar în caz afirmativ, dacă celelalte universuri sunt reale sau doar ficțiuni matematice utile. Deosebirea esențială este că în teoria cosmologică pe care o expunem acum celelalte lumi – celelalte regiuni – nu sunt o chestiune de interpretare. Dacă spațiul e infinit, ele *există*.

Din tot ce am explorat în capitolul acesta şi în cele precedente, e rezonabil să conchidem că aici, în regiunea noastră, în universul nostru, zilele noastre, şi ale ființelor gânditoare în general, sunt numărate. Numărul poate fi mare, dar undeva în ascensiunea pe Empire State Building, sau poate dincolo, e mai mult decât probabil ca viața şi mintea să ia sfârşit.

Pe acest fundal, Garriga şi Vilenkin oferă o formă bizară de optimism. Ei observă că, deoarece fiecare istorie e reprezentată în ansamblul infinit de universuri, în mod necesar unele se vor bucura de scăderi rare, dar fortuite, ale entropiei care vor păstra intacte anumite stele sau planete, sau vor crea medii noi conținând surse de energie de înaltă calitate, sau oricare dintr-o gamă largă de evoluții improbabile care vor permite vieții şi gândirii să dăinuie mult mai mult timp decât ar fi altminteri de aşteptat. Într-adevăr, aşa cum susțin Garriga şi Vilenkin, dacă alegeți *orice* durată finită, oricât de lungă, vor exista universuri în mulțimea infinită în care procese improbabile se împotrivesc curentului entropic pentru a menține viața cel puțin pe acea durată. Şi astfel, în infinitatea de universuri, unele vor adăposti viața şi mintea arbitrar de departe în viitor.

E greu de ştiut cum ar explica locuitorii unor asemenea regiuni norocul care le permite să supraviețuiască. Sau dacă măcar ar fi conştienți de norocul lor. Poate că au ajuns la aceeaşi înțelegere a fizicii ca noi, şi-şi vor da seama că fluctuațiile aleatorii pot duce la rezultate rare şi fortuite. Dar aceeaşi cunoaştere arată limpede că experiența lor, deşi posibilă, e extraordinar de improbabilă. Înțelegând lucrul acesta, ei ar putea merge mai departe şi conchide că e necesar să revizuiască modul cum înțeleg fizica. Gândiți-vă. Deşi legile mecanicii cuantice admit posibilitatea ca eu să pot trece printr-un zid, dacă aş face-o, şi aş face-o în mod repetat, ar fi de dorit să ne revizuim radical înțelegerea fizicii cuantice. Nu fiindcă aş fi încălcat legile cuantice. Nu e cazul. Pur şi simplu dacă evenimente presupuse improbabile se întâmplă, şi se întâmplă frecvent, suntem îndreptățiți să căutăm

explicații mai bune, conform cărora evenimentele respective nu sunt chiar atât de improbabile. Fireşte, e de asemenea posibil ca locuitorii unor astfel de tărâmuri norocoase să nu fie deloc interesați de explicații, lăsându-se purtați de curent şi trăind fericiți la nesfârşit.

Întrucât şansele ca noi să locuim într-o astfel de regiune, sau să fim destul de aproape de una pentru a emigra acolo, sunt practic nule, poate că, pe măsură ce sfârşitul nostru începe să se profileze, vom aduna toate câte am învățat, descoperit şi creat şi le vom împacheta într-o capsulă pe care o vom lansa cu speranța că ar putea ajunge cândva pe unul dintre acele tărâmuri mai norocoase. Dacă stirpea noastră nu e dintre acelea care se extind spre eternitate, poate reuşim să transmitem esența realizărilor noastre unora care sunt. Într-un mod oricât de indirect, am putea lăsa o urmă în eternitate. Garriga şi Vilenkin studiază o versiune a acestui scenariu, şi în acord cu reflecțiile filozofului David Deutsch, ajung la concluzia că planul nu are nici o şansă. În infinitatea de universuri şi în vastitatea scărilor de timp, fluctuațiile cuantice aleatorii vor produce mult mai multe capsule false decât cele reale pe care le vor putea produce descendenții noştri, făcând ca orice amprentă credibilă despre cine suntem şi ce am realizat să se piardă în zgomotul cuantic.

Viața şi gândirea aici, în universul nostru, în ceea ce am considerat multă vreme a fi *Universul*, probabil că se va sfârşi. Poate că e o consolare să ştim că undeva în vastele întinderi ale spațiului infinit, mult dincolo de hotarele lumii noastre, viața şi gândirea pot dăinui, eventual nedefinit. Deşi putem contempla eternitatea şi putem aspira către ea, se pare că n-o putem atinge.

39. Rasă de câini de origine tibetană, mici (în jur de 25 cm), cu păr lung, activi şi vigilenți (n. tr.).

40. Variantă a jocului de baseball (n. tr.).

41. Harry Houdini (pe adevăratul nume Erik Weisz, 1874–1926), iluzionist american de origine maghiară. Renumit mai ales pentru abilitatea lui de a se elibera din lanțuri, cătuşe, frânghii şi diverse containere (n. tr.).

42. Lee Harvey Oswald (1939–1963), asasinul preşedintelui John F. Kennedy; Claus von Stauffenberg (1907–1944), ofițer german, autorul unei tentative nereuşite de a-l asasina pe Adolf Hitler; James Earl Ray (1928–1998), asasinul activistului social Martin Luther King Jr. (n. tr.).

11. NOBLEȚEA FIINȚEI

Minte, materie şi semnificaţie

Ghidul de la Parcul Național Pilanesberg[43], cu puşca în bandulieră, se asigura că cei care-l însoțeau pe jos vor reacționa adecvat în cazul în care un elefant sau un hipopotam s-ar apropia prea mult. „Nu… faceți… zgomot“, a spus el, accentuând fiecare cuvânt în timp ce examina încet cu privirea grupul. „Să fugi de un leu? Îți vei petrece restul vieții încercând să câştigi cursa.“ Râzând pe înfundate, am murmurat cu toții „da“, „desigur“, „categoric“. Tocmai atunci am privit în jos la mâneca largă a cămăşii mele. Prea puțin m-a interesat să identific precis ce mi se agățase de manşetă. Pentru mine era o tarantulă. Şi urca. Am intrat în panică. Brațul mi-a zburat înainte şi înapoi, doborând pahare de pe masa cu micul dejun. Am sărit de pe scaun, şi farfurii care supraviețuiseră primului meu asalt cădeau acum şi ele. În confuzia creată, tarantula, sau indiferent ce târâtoare va fi fost, s-a desprins. Când mi-am venit în fire, mica creatură cât o monedă era pe pământ şi se îndepărta încet. „Ah“, spuse ghidul zâmbind, după ce lucrurile s-au liniştit, „universul a vorbit pentru prietenul nostru fizician. Veți călători în jeep“. Aşa am şi făcut.

Universul nu vorbise pentru mine. Atacul a fost aleatoriu, şi coincidența pură întâmplare. Dacă n-aş fi fost direct implicat, aş fi oferit riposta mea standard, consemnată anterior, că în absența unui asemenea eveniment, nu ar fi fost o surpriză că o asemenea coincidență nu s-a produs. Dar adevărul

este că, preț de o clipă, stânjenitorul episod a părut semnificativ. Deja mă neliniştea gândul unui safari pe jos şi mă gândeam dacă n-ar trebui să mă retrag, când am primit un avertisment foarte potrivit că riscul acesta nu e în interesul cuiva care, atunci când e adâncit în gânduri, poate fi speriat de moarte chiar şi de un salut neaşteptat. Rațional, ştiu că toate astea sunt prostii. Universul nu urmăreşte ce fac eu sau pericolele cu care mă confrunt. Şi totuşi, în timp ce instinctele atavice inflamate de atacul tarantulei se calmau treptat, gândirea rațională mai avea un pas sau doi până să preia din nou comanda.

Sensibilitatea la tipare explică în parte succesul nostru. Căutăm conexiuni. Observăm coincidențe. Semnalăm regularități. Atribuim semnificații. Dar numai unele dintre aceste atribuiri rezultă din analize chibzuite care descriu caracteristici demonstrabile ale realității. Multe decurg dintr-o preferință emoțională pentru impunerea unei aparențe de ordine asupra haosului experienței.

Ordine şi semnificație

Vorbesc adesea ca şi cum ecuațiile noastre matematice ar exista realmente în lume, controlând implacabil toate procesele fizice, de la cuarci la cosmos. Poate că aşa şi este. Poate că într-o bună zi vom stabili că matematica e țesută în mod fundamental în tapiseria realității. Când lucrezi tot timpul cu ecuații, cu siguranță aşa pare. Afirm însă cu mai multă încredere că natura e guvernată de legi – că universul e alcătuit din ingrediente ale căror comportamente urmează o progresie legică – baza însăşi a călătoriei pe care am întreprins-o în această carte. Ecuațiile din centrul fizicii moderne reprezintă modul cel mai precis în care putem

enunța aceste legi. Prin experimente şi observații minuțioase am stabilit că aceste ecuații oferă o descriere spectaculos de precisă a lumii. Dar nu există nici o garanție că ele sunt exprimate în lexiconul intrinsec al lumii. Deşi consider că e improbabil, admit posibilitatea ca în viitor, când le vom arăta cu mândrie unor vizitatori extratereştri ecuațiile noastre, aceştia să zâmbească politicos, spunându-ne că şi ei au început cu matematica, dar pe urmă au descoperit *adevăratul* limbaj al realității.

Din punct de vedere istoric, intuiția fizică a strămoşilor noştri s-a bazat pe tiparele evidente în experiențe familiare, de la căderea pietrelor la trosnetul crengilor şi curgerea pâraielor; există o vădită valoare de supraviețuire în posesia unui simț înnăscut al mecanicii cotidiene. Cu timpul, ne-am folosit capacitățile cognitive pentru a merge dincolo de asemenea intuiții promotoare ale supraviețuirii, iluminând şi codificând tipare în domenii care se extind de la lumea microscopică a particulelor individuale la lumea macroscopică a roiurilor de galaxii, dintre care multe nu au deloc sau au prea puțină valoare adaptivă. Modelându-ne intuiția şi dezvoltându-ne aptitudinile cognitive, evoluția a inițiat educația noastră în fizică, dar înțelegerea mai cuprinzătoare a apărut din forța curiozității umane, exprimată prin limbajul matematicii. Ecuațiile rezultante articulate în acest limbaj sunt extrem de utile în explorarea structurii profunde a realității, dar cu toate acestea ele pot fi constructe ale minții umane.

Adopt o versiune a acestei perspective atunci când ne îndreptăm atenția asupra calităților care ne ghidează în evaluarea experienței umane. Corect şi greşit, bine şi rău, destin şi scop, valoare şi semnificație, toate acestea sunt concepte extrem de

utile, dar eu nu mă număr printre cei care cred că judecățile morale şi atribuirile de semnificații transcend mintea omenească. Noi inventăm aceste calități. Nu pe de-a întregul. Mințile noastre produse prin selecție darwinistă sunt predispuse să fie atrase, respinse sau speriate de diverse idei şi comportamente. În întreaga lume, grija pentru tineri e apreciată, pe când incestul e odios. Onestitatea în relațiile de zi cu zi se bucură de largă prețuire, la fel şi loialitatea față de familie şi compatrioți. Pe măsură ce strămoşii noştri s-au adunat în grupuri, interacțiunea dintre aceste predispoziții şi multe altele, pe de o parte, şi întâlnirile la fața locului, pe de alta, au creat bucle de feedback: comportamentele indivizilor au influențat eficiența vieții în grup, ducând la articularea treptată a unor coduri comune de conduită. În schimb, aceste coduri de conduită au contribuit în diverse grade la supraviețuirea celor care le-au urmat.[1] La fel cum selecția naturală a modelat intuiția noastră pentru fizica elementară, ea a contribuit şi la modelarea simțului nostru înnăscut al moralității şi valorii.

Chiar şi între aceia care cred că codurile morale nu sunt impuse de sus şi nici nu plutesc într-un domeniu abstract al adevărului, există o dezbatere benefică privind rolul cogniției umane în determinarea modului cum s-au dezvoltat aceste sensibilități la început. Unii au sugerat că, similar cu tiparul de dezvoltare pentru fizică, evoluția a imprimat un simț moral rudimentar, dar puterile noastre cognitive ne-au permis să depăşim acea bază congenitală pentru a modela atitudini şi credințe independente.[2] Alții sugerează că suntem pricepuți la utilizarea dexterității noastre cognitive pentru a explica angajamentele noastre morale, dar că aceste relatări sunt doar poveşti ad-hoc, raționalizări ale

unor judecăți ancorate în trecutul nostru evolutiv.[3]

Un aspect demn de subliniat este că nici una din aceste poziții nu se bazează pe o concepție tradițională a liberului-arbitru. În descrierea comportamentului uman, invocăm un amalgam de factori, de la instinct şi memorie la percepție şi aşteptările sociale. Totuşi, aşa cum am arătat anterior, acest tip de explicație de nivel superior – aflat în centrul modului în care noi, oamenii, înțelegem lumea – este rezultatul unui lanț complex de procese bazate în ultimă instanță pe dinamica elementelor constitutive fundamentale ale naturii. Cu toții suntem ansambluri de particule, beneficiari a nenumărate bătălii evolutive care ne-au eliberat comportamentele şi ne-au dăruit capacitatea de a întârzia degradarea entropică. Dar asemenea triumfuri nu ne garantează puteri discreționare asupra evoluției fizice; desfăşurarea evenimentelor nu aşteaptă dorințele, judecățile şi aprecierile noastre morale. Sau, mai precis, dorințele, judecățile şi aprecierile noastre morale fac parte din evoluția fizică a lumii, aşa cum este ea dictată de legile imparțiale ale naturii.

Descrierea noastră a acelei evoluții invocă reguli matematice impersonale care expun în simboluri modul cum va evolua universul de la un moment la altul. Iar pentru o mare parte a trecutului, înainte de apariția unor ansambluri de particule capabile să reflecteze asupra realității, povestea aceasta era întreaga poveste. Acum, că suntem familiarizați cu detaliile esențiale, putem relata versiunea noastră mai rafinată, deşi provizorie, a acelei poveşti – rapid, succint şi, pentru înlesnirea exprimării, cu o tentă antropomorfă.

În urmă cu vreo 13,8 miliarde de ani, într-un spațiu care se dilata cu furie, energia conținută într-

un nor minuscul, dar ordonat, de câmp inflaton s-a dezintegrat, întrerupând gravitația repulsivă, umplând spațiul cu o baie de particule şi inițiind sinteza celor mai simple nuclee atomice. Acolo unde incertitudinea cuantică a făcut ca densitatea băii să fie puțin mai mare, atracția gravitațională a fost puțin mai puternică, determinând particulele să se asocieze în agregate tot mai mari, formând stele, planete, sateliți şi alte corpuri cereşti. Fuziunea din interiorul stelelor, precum şi rare, dar puternice ciocniri între stele au contopit nuclee simple în specii atomice mai complexe care, căzând pe cel puțin o planetă în formare, au fost constrânse de darwinismul molecular să se asambleze în aranjamente capabile de autoreplicare. Variații aleatorii ale acelor aranjamente care s-a întâmplat să încurajeze fecunditatea moleculară s-au răspândit pe scară largă. Iar printre acestea s-au aflat trasee moleculare pentru extragerea, depozitarea şi propagarea informației şi energiei – procesele rudimentare ale vieții – care, pe lungul drum al evoluției darwiniste, au devenit din ce în ce mai rafinate. Cu timpul, au apărut ființe vii complexe şi autonome.

Particule şi câmpuri. Legile fizicii şi condiții inițiale. Până în adâncurile realității pe care le-am sondat până acum, nu există nici o dovadă pentru altceva. Particulele şi câmpurile sunt ingredientele elementare. Legile fizicii stimulate de condițiile inițiale dictează evoluția. Deoarece realitatea e cuantică, sentințele acestor legi sunt probabiliste, dar chiar şi aşa probabilitățile sunt strict determinate de matematică. Particulele şi câmpurile fac ceea ce fac fără să le pese de sens, valoare sau semnificație. Chiar şi atunci când evoluția lor matematică indiferentă produce viață, legile fizicii păstrează

controlul complet. Viața nu poate să intervină în aceste legi, să le influențeze sau să le abroge.

Ceea ce poate face viața e să permită unor grupuri de particule să acționeze concertat şi să manifeste comportamente colective care, în raport cu lumea neînsuflețită, sunt noi. Particulele care alcătuiesc gălbenelele sau bilele respectă întru totul legile naturii, dar gălbenelele cresc şi se întorc după Soare, pe când bilele nu. Prin forța selecției, evoluția contribuie la modelarea repertoriului comportamental al vieții, favorizând activitățile care promovează supraviețuirea şi reproducerea. Printre ele, în cele din urmă, e gândirea. Capacitatea de a forma amintiri, a analiza situații şi a extrapola pe baza experienței oferă o artilerie puternică în cursa înarmărilor pentru supraviețuire. Repurtând un lung şir de victorii de-a lungul a zeci de mii de generații, gândirea se rafinează treptat, producând specii gânditoare care dobândesc diverse grade de conştiință de sine. Voința unor astfel de ființe nu e liberă în sensul tradițional de a eluda evoluția dictată de legea fizică, dar structura lor extrem de organizată permite o multitudine de reacții – de la emoții lăuntrice la comportamente exterioare – care, cel puțin până acum, nu sunt disponibile unor ansambluri de particule lipsite de viață sau de minte.

Să adăugăm limbajul, iar o asemenea specie conştientă de sine se ridică deasupra necesităților momentului pentru a se vedea pe sine însăşi ca parte a unei evoluții dinspre trecut către viitor. Cu aceasta, câştigarea bătăliei nu mai e singura preocupare. Simpla supraviețuire nu ne mai satisface. Vrem să ştim de ce supraviețuirea e semnificativă. Căutăm contextul. Căutăm relevanța. Atribuim valoare. Judecăm comportamentul. Urmărim sensul.

Astfel, elaborăm explicații despre cum a apărut

universul şi cum ar putea sfârşi. Spunem iar şi iar poveşti despre minți care-şi croiesc drum prin lumi reale sau fanteziste. Imaginăm tărâmuri populate de strămoşi defuncți sau ființe puternice ori atotputernice pentru care moartea e doar o treaptă într-o existență continuă. Pictăm, sculptăm, încrustăm, cântăm şi dansăm pentru a atinge aceste tărâmuri, pentru a le omagia sau pur şi simplu pentru a amprenta viitorul cu ceva care să ateste scurtul nostru timp sub Soare. Poate că aceste pasiuni se statornicesc şi devin parte din ceea ce înseamnă a fi om, fiindcă sporesc şansele de supraviețuire. Poveştile pregătesc mintea să reacționeze la neprevăzut; arta dezvoltă imaginația şi inovația; muzica accentuează sensibilitatea la tipare; religia îi uneşte pe aderenți în coaliții puternice. Sau poate că explicația e mai puțin elevată: o parte sau toate aceste activități pot să apară şi să se perpetueze fiindcă susțin sau se alătură altor comportamente şi reacții care au jucat un rol mai direct în încurajarea supraviețuirii. Chiar dacă originea lor evolutivă încă mai e subiect de dezbatere, aceste aspecte ale comportamentului uman manifestă o necesitate generalizată de a depăşi simpla asigurare a unei supraviețuiri tranzitorii. Ele dezvăluie o aspirație universală de a fi parte din ceva mai vast, ceva durabil. Valoarea şi semnificația, categoric absente din fundamentul realității, devin intrinsece unui imbold neobosit care ne înalță deasupra naturii indiferente.

Mortalitate şi semnificație

Deşi Gottfried Leibniz s-a întrebat de ce există ceva mai degrabă decât nimic, dilema personală profundă este că entități conştiente de sine, aşa ca noi, se

dizolvă până la urmă în nimic. A dobândi o perspectivă temporală înseamnă a înțelege că activitatea vibrantă care ne animă mintea într-o zi va înceta.

Pe fundalul acelei conştientizări, capitolele precedente au explorat întreaga întindere a timpului, de la cea mai bună cunoaştere a începuturilor sale de care dispunem şi până atât de aproape de sfârşitul său, pe cât ne pot duce teoriile noastre matematice. Va continua să se dezvolte cunoaşterea noastră? Bineînțeles. Detaliile, unele minore, altele semnificative, vor fi ameliorate sau înlocuite? Fără îndoială. Dar ritmul naşterii şi morții, al apariției şi disoluției, al creației şi distrugerii la care am asistat de-a lungul timpului va dăinui. Pasul în doi entropic şi forțele evolutive ale selecției îmbogățesc drumul de la ordine la dezordine cu structuri prodigioase, dar, indiferent că e vorba de stele sau de găuri negre, planete sau oameni, molecule sau atomi, lucrurile sfârşesc prin a se descompune. Longevitatea lor variază enorm. Dar faptul că toți vom muri, că specia umană va muri, că viața şi mintea, cel puțin în universul acesta, e practic sigur că vor muri sunt consecințe pe termen lung comune şi previzibile ale legii fizice. Singura noutate e că noi ne dăm seama.

O speranță frecventă şi încărcată de tensiune, nutrită vag de mulți şi urmărită intens de unii, este că ne-ar fi mult mai bine dacă moartea s-ar retrage cuviincios din treburile oamenilor. De la vechile mituri la ficțiunea modernă, gânditorii au reflectat asupra acestei posibilități. E poate revelator faptul că în aceste incursiuni lucrurile nu sfârşesc întotdeauna prea bine. Nemuritorii din țara Luggnagg descrisă de Jonathan Swift continuă să îmbătrânească şi sunt declarați morți din punct de vedere legal la optzeci de ani, când devin irelevanți.

După ce a trăit mai bine de trei sute de ani, Elina Makropulos, eroina lui Karel Čapek, preferă să arunce în foc formula elixirului nemuririi decât să continue într-o stare de profundă plictiseală. Trăind într-o lume nesfârşită în care nu există moarte, scrie protagonistul povestirii lui Jorge Luis Borges *Nemuritorul*, „Nimeni nu-i cineva, un singur om nemuritor este toți oamenii […], sunt zeu, erou, filozof, demon şi lume, ceea ce nu-i decât un mod arbitrar de a spune că nu sunt“.[4]

Filozofii au explorat şi ei apele acestea, oferind evaluări sistematice ale vieții într-o lume în care moartea nu există. Unii, precum Bernard Williams, care a fost inspirat de opera lui Leoš Janáček adaptată după piesa lui Čapek, ajung la concluzii sumbre similare.[5] Williams susține că într-un timp infinit fiecare dintre noi ar fi sastisit de toate obiectivele care ne motivează, lăsându-ne apatici în fața unei eternități monotone şi serbede. Alții, precum Aaron Smuts, inspirat în parte de povestirea lui Borges, susțin că nemurirea ar lipsi deciziile care modelează o viață umană – cum să-ți petreci timpul şi cu cine – de consecințele esențiale pentru semnificația lor. Ai făcut o alegere greşită? Nici o problemă. Ai la dispoziție veşnicia ca să alegi corect. Satisfacția realizării ar cădea şi ea victimă nemuririi. Cei cu capacități limitate şi-ar atinge limitele potențialului, după care ar avea parte de frustrare eternă; cei cu capacități indefinit perfectibile ar avea garanția progresului permanent, devalorizând sentimentul de împlinire care rezultă din depăşirea aşteptărilor.[6]

În pofida acestor anxietăți, bănuiesc că suntem suficient de inventivi – şi dispunând de un timp infinit am deveni cu atât mai mult – pentru a ne adapta perfect la condiția de nemuritori. Nevoile şi

capacitățile noastre probabil că s-ar transforma şi ele, devenind de nerecunoscut şi făcând ca evaluările bazate pe ceea ce ne menține angajați şi motivați aici şi acum să fie puțin sau deloc relevante. Dacă *joie de vivre*[44] eternă necesită o altă nuanță de *joie*, am găsi-o, am inventa-o sau am dezvolta-o. Aceasta nu e, firește, decât o bănuială, dar a conchide că vom ajunge în mod necesar să ne plictisim oferă o viziune exagerat de îngustă asupra minții nemuritoare.

Deşi ştiința va continua să extindă durata vieții, călătoria noastră în viitorul îndepărtat sugerează că nemurirea va rămâne veşnic inaccesibilă. Totuşi, a reflecta asupra vieții infinite lămureşte relevanța vieții finite. Destinul imaginat al valorii şi semnificației într-o lume nemuritoare arată limpede că într-o lume muritoare, pentru a înțelege foarte multe dintre deciziile, opțiunile, experiențele şi reacțiile noastre, e necesar să le vedem în contextul şanselor limitate şi duratelor finite. Nu înseamnă că ar trebui în fiecare dimineață să sărim în picioare tânguindu-ne „Carpe diem!“, dar cunoaşterea adânc înrădăcinată că există un număr limitat de dimineți în care ne vom trezi inspiră un calcul intuitiv al valorii, care într-o lume a şanselor nelimitate ar fi foarte diferit. Modul cum explicăm subiectele pe care le studiem, meseriile pe care le învățăm, munca pe care o depunem, riscurile pe care ni le asumăm, partenerii cu care ne asociem, familiile pe care le întemeiem, obiectivele pe care le stabilim, grijile pe care le avem – toate reflectă recunoaşterea faptului că şansele sunt puține, fiindcă timpul nostru e limitat.

Fiecare reacționăm în felul nostru propriu la acea recunoaştere, dar există trăsături comune care impregnează sentimentul uman al valorii. Printre

acestea se numără o nevoie surprinzător de puternică, deşi adesea nemărturisită, de a exista un viitor populat cu descendenți care să continue să trăiască după ce noi nu vom mai fi.

Descendenți

Cu mulți ani în urmă am fost rugat să particip la o discuție cu publicul la un teatru off-Broadway[45] după reprezentația unei piese în care un grup de personaje află că Pământul va fi distrus în scurt timp de un asteroid. Alături de mine participa la discuții fratele meu; producătorii anticipaseră că opiniile despre sfârşitul lumii exprimate de doi frați ale căror vieți urmaseră căi divergente, dar relevante – unul imersat în ştiință, celălalt în religie – vor fi pe placul mulțimii. Ca să fiu sincer, nu m-am gândit prea mult la lucrurile astea înaintea evenimentului, iar pe vremea aceea eram mult mai susceptibil față de energia unui public. Cu cât fratele meu îndrepta discuția spre tărâmuri mai eterice, cu atât deveneam eu mai lipsit de menajamente. „Pământul e o planetă oarecare rotindu-se în jurul unei stele deloc remarcabile, aflată la periferia unei galaxii obişnuite. Dacă ne-ar nimici un asteroid, universul nici n-ar clipi. În marea schemă a lucrurilor, pur şi simplu n-ar conta.“ Această atitudine rigidă a fost bine primită de unii, presupun că aceia care se considerau sceptici pragmatici capabili să înfrunte curajos realitățile existenței. Dar altora, din păcate, remarcile mele li s-au părut o dovadă de infatuare. Cel puțin o persoană din public le-a considerat astfel: o femeie în vârstă care mi-a reproşat lipsa de respect pentru ceea ce ea numea nevoia esențială pe care o avem cu toții ca specia să se perpetueze. „Care veste v-ar afecta mai mult“, m-a întrebat ea,

„dacă vi s-ar spune că mai aveți un an de trăit, sau că peste un an Pământul va fi distrus?“.

La momentul acela am spus ceva superficial, cum că ar depinde dacă vreuna din posibilități implică durere fizică, dar mai târziu, reflectând asupra întrebării, am găsit-o neașteptat de edificatoare. Un diagnostic terminal îi afectează pe oameni în moduri diferite – concentrează atenția, oferă perspectivă, zgândăreşte regrete, stârneşte panica, aduce linişte interioară, inspiră revelații. Am anticipat că reacția mea s-ar afla undeva între acestea. Dar perspectiva ca Pământul şi întreaga omenire să fie nimicite ar declanşa un alt tip de reacție. Vestea aceasta ar face ca totul să pară lipsit de sens. În vreme ce sfârşitul meu iminent ar spori intensitatea, înzestrând cu semnificație momente care altminteri s-ar pierde în monotonia cotidiană, contemplarea sfârşitului întregii specii părea să aibă efectul contrar, generând un sentiment de zădărnicie. M-aş mai scula dimineața cu dorința de a-mi continua cercetarea în fizică? Poate pentru confortul de a face ceva familiar, dar fără nimeni care să ducă mai departe descoperirile de azi, imboldul de a contribui la progresul cunoaşterii ar slăbi. Aş mai termina cartea pe care o scriu? Poate pentru satisfacția de a duce lucrurile până la capăt, dar, fără nimeni care să citească lucrarea încheiată, motivația ar slăbi. Mi-aş mai trimite copiii la şcoală? Poate pentru calmul oferit de rutină, dar, fără nici un viitor, pentru ce s-ar mai pregăti ei?

Contrastul cu felul în care aş reacționa dacă aş afla data propriului meu sfârşit mi s-a părut surprinzător. Pe când una din variante părea să intensifice conştientizarea valorii vieții, cealaltă părea s-o golească de sens. În anii care au trecut de atunci, această înțelegere m-a ajutat să-mi modelez

gândurile despre viitor. Avusesem de mult revelația mea juvenilă privind capacitatea matematicii şi a fizicii de a transcende timpul; eram deja convins de semnificația existențială a viitorului. Dar imaginea mea despre acel viitor era abstractă. Era un ținut al ecuațiilor, teoremelor şi legilor, nu un loc populat cu pietre, copaci şi oameni. Nu sunt un platonician, dar cu toate acestea mi-am imaginat implicit că matematica şi fizica transcend nu doar timpul, ci şi zorzoanele obişnuite ale realității materiale. Scenariul apocaliptic mi-a rafinat gândirea, făcând cât se poate de evident că ecuațiile, teoremele şi legile noastre, chiar dacă reflectă adevăruri fundamentale, nu au valoare intrinsecă. La urma urmei, ele sunt ansambluri de linii şi arabescuri desenate pe table şi tipărite în reviste şi manuale. Valoarea lor derivă din cei care le înțeleg şi le apreciază. Meritul lor derivă din mințile în care sălăşluiesc.

Acest rafinament al gândirii a mers cu mult dincolo de rolul ecuațiilor. Conducându-mă să-mi imaginez un viitor fără nimeni care să primească tot ce prețuim, fără nimeni care să adauge propria amprentă şi să transmită totul generațiilor viitoare, scenariul apocaliptic dezvăluia cât de găunos ar fi acel viitor. În timp ce nemurirea individului subminează semnificația, nemurirea speciei pare necesară pentru asigurarea ei.

Nu sunt sigur cât de răspândită ar fi această reacție la vestea unui sfârşit iminent, dar bănuiesc că ar fi comună. Filozoful Samuel Scheffler a inițiat de curând o investigație ştiințifică a subiectului, explorând o variantă a întrebării care mi-a fost pusă în urmă cu decenii. Cum ați reacționa, întreabă Scheffler, dacă ați afla că la treizeci de zile după moartea voastră, toți cei rămaşi ar fi nimiciți? Este o

versiune mai revelatoare a scenariului, întrucât separă propria noastră moarte prematură, iar astfel pune mai bine în evidență rolul descendenților în ancorarea valorii. Concluzia raționamentului riguros al lui Scheffler se face ecoul reflecțiilor mele informale:

> Preocupările şi obligațiile noastre, valorile şi aprecierea importanței, percepția noastră despre ce contează şi ce merită făcut – toate acestea sunt formate şi susținute pe un fundal care consideră de la sine înțeles că viața umană este ea însăşi o întreprindere prosperă şi perenă. […] Avem nevoie ca omenirea să aibă un viitor pentru ca ideea că lucrurile *contează* să-şi păstreze un loc sigur în repertoriul nostru conceptual.[7]

Şi alți filozofi au intervenit în discuție, oferind opinii care conturează un spectru mai larg de perspective. Susan Wolf sugerează că recunoaşterea destinului nostru comun ar putea ridica grija față de alții pe noi culmi, dar, chiar şi aşa, ea admite că viziunea unui viitor populat cu ființe umane e esențială pentru valoarea pe care o atribuim acțiunilor noastre.[8] Harry Frankfurt oferă un punct de vedere diferit, sugerând că multe lucruri pe care le prețuim nu ar fi afectate de scenariul apocaliptic, în primul rând preocupările artistice şi cercetarea ştiințifică. Satisfacția intrinsecă a acestor activități, crede el, ar fi suficientă pentru mulți ca să persevereze. Eu deja mi-am exprimat părerea contrarie în privința cercetării ştiințifice, ceea ce serveşte la sublinierea unui aspect înrudit, evident, dar revelator: oamenii vor reacționa la vestea aceasta în moduri diferite.[9] Tot ce putem face e să ne imaginăm tendințele dominante. Pentru mine, la fel ca pentru mulți alții, a te angaja în activități

creatoare şi inițiative ştiințifice presupune să te simți parte a unui dialog uman lung, bogat şi peren. Chiar dacă un anumit articol de fizică pe care îl scriu nu revoluționează lumea, el face totuşi să mă simt parte a conversației. Dar dacă ştiu că eu sunt ultimul care vorbeşte şi că în viitor nu va mai fi nimeni care să reflecteze la ceea ce spun, mă întreb la ce bun să-mi bat capul.

În scenariul lui Scheffler, la fel ca în întrebarea care mi s-a pus cu ani în urmă, apocalipsele sunt ipotetice, dar scările de timp pentru distrugerea lumii sunt uşor de intuit. În cartea de față, apocalipsele pe care le-am explorat sunt autentice, dar scările lor de timp le fac să fie extraordinar de îndepărtate. Această schimbare de scară, o schimbare colosală, afectează concluzia? Este o chestiune pe care o examinează atât Scheffler, cât şi Wolf, încadrată de o manieră amuzantă în minunata scenă din *Annie Hall*[46] în care Alvy Singer, în vârstă de nouă ani, ajunge la concluzia că e inutil să-şi facă temele de vreme ce peste câteva miliarde de ani expansiunea universului va dezagrega şi va distruge totul. Psihiatrul lui Alvy, ca să nu mai vorbim de mama lui, consideră preocuparea copilului ridicolă. Publicul râde, fiindcă grija lui Alvy li se pare absurdă. Scheffler împărtăşeşte aceste intuiții, dar observă că nici el nu are o justificare fundamentală de ce o criză existențială ni se pare rezonabilă în fața unei distrugeri iminente, dar absurdă, dacă distrugerea e în viitorul îndepărtat. El pune asta pe seama dificultății de a percepe scări de timp care depăşesc cu mult domeniul experienței umane. Wolf e de aceeaşi părere, observând că, dacă extincția imediată a omenirii ar face viața lipsită de sens, acelaşi lucru ar trebui să fie adevărat, chiar dacă sfârşitul e foarte departe. Într-adevăr, aşa cum

observă ea, la scările de timp cosmice, o amânare de câteva miliarde de ani nu e deloc mult.

Sunt de acord. Întru totul.

Aşa cum am văzut în repetate rânduri, ideea că o durată e lungă sau scurtă nu are o semnificație absolută. Lung sau scurt e o chestiune de perspectivă. Timpul reprezentat de platforma de observație a Empire State Building de la etajul 86 e enorm după standardele cotidiene, dar comparând acea durată cu timpul reprezentat de etajul 100 e ca şi cum am compara o clipită cu zece mii de secole. Perspectivele noastre umane familiare ne conduc la judecăți care, deşi relevante, sunt totodată mărginite. De aceea, eu văd scenariul extincției iminente doar ca pe un instrument care foloseşte o urgență artificială pentru a cataliza o reacție autentică. Intuiția noastră rămâne relevantă pentru un sfârşit care-i aşteaptă pe descendenții noştri din viitorul îndepărtat; viitorul acela, văzut într-un context mai vast, *e* peste o clipă.

Deşi este fără îndoială dificil să asimilezi scări de timp care depăşesc semnificativ toate experiențele noastre, călătoria pe care am întreprins-o în această carte a populat scara timpului cosmic cu repere care servesc la concretizarea abstractului. Nu pot spune că am un simț înnăscut al scărilor de timp marcate de-a lungul metaforei Empire State Building la fel cum am simțul scărilor de timp ale vieții de zi cu zi, ale generației mele sau chiar ale câtorva generații, dar succesiunea evenimentelor transformatoare pe care le-am explorat oferă puncte de sprijin pentru înțelegerea viitorului. Nu e nevoie de psalmodieri, iar postura lotusului e opțională, dar, dacă găsim un loc liniştit şi lăsăm mintea să plutească lent şi nestingherit de-a lungul timpului cosmic, străbătând epoca noastră şi mergând dincolo de ea, dincolo de

era galaxiilor îndepărtate în recesiune, dincolo de era sistemelor solare majestuoase, dincolo de era grațioaselor galaxii spirale, dincolo de era stelelor stinse şi a planetelor rătăcitoare, dincolo de era găurilor negre care lucesc şi se dezintegrează, mai departe, către un spațiu rece, întunecat şi aproape vid, dar cu o întindere posibil nelimitată – în care dovada că am existat cândva se reduce la câte o particulă izolată aflată aici, şi nu acolo, sau alta care se mişcă aşa, şi nu altminteri –, şi dacă semănați cât de cât cu mine şi lăsați ca acea realitate să vă devină familiară, faptul că am călătorit fantastic de departe în viitor nu diminuează aproape deloc sentimentul de înfiorare şi totodată de venerație care creşte în noi. Într-adevăr, într-un mod esențial, întinderea enormă a timpului doar adaugă greutate aproape insuportabilei uşurătăți a ființei; în comparație cu scara de timp la care am ajuns, epoca vieții şi a minții e infinitezimală. Raportată la scara uzuală, întreaga ei întindere, de la primii microbi şi până la ultimul gând, ar fi mai puțin decât timpul necesar luminii să traverseze un nucleu atomic. Întreaga durată a activității umane – indiferent dacă ne autodistrugem în următoarele câteva secole, suntem nimiciți de un dezastru natural în următoarele milenii sau găsim o modalitate de a dăinui până la moartea Soarelui, până la sfârşitul Căii Lactee, sau chiar până la dispariția materiei complexe – ar fi încă şi mai efemeră.

Suntem vremelnici. Suntem evanescenți.

Dar clipa noastră e rară şi extraordinară, o recunoaştere care ne permite să facem din nepermanența vieții şi puținătatea conştiinței autoreflexive baza valorii şi fundamentul gratitudinii. Deşi aspirăm la o perpetuare veşnică, limpezirea dobândită din explorarea duratelor

cosmice dezvăluie că aceasta e inaccesibilă. Dar aceeaşi limpezire subliniază miracolul absolut că un mic ansamblu de particule ale universului pot să se ridice, să se examineze pe ele însele şi să examineze realitatea în care trăiesc, să descopere cât de efemere sunt şi, cu o răbufnire vremelnică de activitate, să creeze frumusețe, să stabilească legături şi să lumineze misterul.

Semnificație

Cei mai mulți dintre noi tratăm cu discreție nevoia de a transcende cotidianul. Cei mai mulți dintre noi permitem civilizației să ne protejeze de conştientizarea faptului că suntem parte a unei lumi care, atunci când nu vom mai fi, îşi va urma cursul fără să se sinchisească. Ne concentrăm energia asupra lucrurilor pe care le putem controla. Construim comunitatea. Participăm. Ne preocupăm. Râdem. Prețuim. Alinăm. Ne întristăm. Iubim. Sărbătorim. Ne dedicăm. Regretăm. Ne emoționează succesele, uneori ale noastre, alteori ale acelora pe care îi respectăm sau îi idolatrizăm.

Prin toate acestea, ne obişnuim să privim lumea pentru a găsi ceva care să ne stimuleze sau să ne liniştească, să ne rețină atenția sau să ne ducă repede altundeva. Dar călătoria ştiințifică pe care am întreprins-o sugerează cu putere că universul nu există ca să asigure un mediu în care să înflorească viața şi mintea. Viața şi mintea sunt două lucruri care pur şi simplu se întâmplă să aibă loc. Până când încetează. Îmi imaginam cândva că studiind universul, dezvelindu-l strat după strat, la propriu şi la figurat, vom răspunde la suficiente întrebări „cum?“ pentru a întrezări răspunsurile la întrebările „de ce?“. Dar, cu cât aflăm mai mult, cu atât această

atitudine pare să nu fie corectă. Speranța ca universul să ne îmbrățişeze pe noi, efemerii săi ocupanți conştienți, este de înțeles, doar că universul nu face aşa ceva.

Chiar şi aşa, a vedea propriul nostru moment în context înseamnă să ne dăm seama că existența noastră e uimitoare. Derulați din nou big bang-ul, dar schimbați poziția cutărei particule sau valoarea cutărui câmp, şi pentru practic orice modificare, cât de neînsemnată, noua desfăşurare cosmică nu ne va include pe noi, specia umană, planeta Pământ sau orice alt lucru pe care punem preț. Dacă o superinteligență ar privi noul univers ca un întreg, aşa cum noi privim ca un întreg aruncarea unui ansamblu de monede sau aerul pe care-l respirăm acum, ar ajunge la concluzia că noul univers seamănă foarte mult cu cel inițial. Pentru noi, el ar fi extrem de diferit. Nu ar exista un „noi“ care să observe. Îndepărtându-ne atenția de la detalii, entropia a oferit un principiu organizator esențial pentru a înțelege tendințele la scară mare de transformare a lucrurilor. De regulă nu ne pasă dacă o anumită monedă e avers sau revers, sau dacă o anumită moleculă de aer se întâmplă să fie aici sau acolo, dar există anumite detalii fine de care ne pasă. Chiar foarte mult. Existăm fiindcă aranjamentele noastre specifice de particule au câştigat bătălia împotriva unui număr uimitor de alte aranjamente care toate concurează pentru realizare. Grație hazardului, canalizat prin mijlocirea legilor naturii, noi suntem aici.

Este o înțelegere ce reverberează în fiecare stadiu al dezvoltării umane şi cosmice. Să ne gândim la ceea ce Richard Dawkins numea ansamblul aproape infinit de oameni potențiali, posibili purtători ai ansamblului aproape infinit de secvențe de perechi

de baze din ADN, dintre care nici unul nu se va naşte vreodată. Sau să ne gândim la momentele care alcătuiesc istoria cosmică, de la big bang la naşterea noastră şi la ziua de azi, pline cu procese cuantice a căror evoluție probabilistică implacabilă în fiecare din numărul aproape nelimitat de puncte de legătură ar fi putut produce un alt rezultat în locul acestuia, un univers la fel de rezonabil, dar care nu ne-ar include pe noi.[10] Şi totuşi, în pofida acestui număr astronomic de posibilități şi a şanselor infime, secvențele noastre de perechi de baze, combinațiile noastre moleculare există. Spectaculos de improbabil. Emoționant de magnific.

Iar darul e şi mai mare: combinațiile noastre moleculare specifice, aranjamentele noastre chimice, biologice şi neurologice specifice ne conferă puterile de invidiat care ne-au reținut în mare măsură atenția în capitole anterioare. În vreme ce majoritatea formelor de viață, un miracol în ele însele, sunt ancorate în imediat, noi putem păşi în afara timpului. Ne putem gândi la trecut, putem imagina viitorul. Putem asimila universul, îl putem procesa, îl putem explora cu mintea şi cu trupul, cu rațiunea şi cu emoția. Din colțul nostru singuratic al cosmosului am folosit creativitatea şi imaginația pentru a modela cuvinte, imagini, structuri şi sunete care să ne exprime aspirațiile şi frustrările, confuziile şi revelațiile, eşecurile şi triumfurile. Am folosit ingeniozitatea şi perseverența pentru a atinge limitele spațiului exterior şi interior, determinând legile fundamentale care guvernează felul cum strălucesc stelele şi se deplasează lumina, cum se scurge timpul şi se extinde spațiul – legi care ne permit să privim în urmă la primul moment de după începutul universului, iar apoi să ne mutăm privirea spre viitor şi să-i contemplăm sfârşitul.

Aceste cunoştinţe impresionante sunt însoţite de întrebări profunde şi persistente. De ce există ceva mai degrabă decât nimic? Ce a declanşat apariţia vieţii? Cum a apărut conştiinţa? Am explorat o gamă largă de speculaţii, dar răspunsurile definitive rămân evazive. Creierul nostru, bine adaptat pentru supravieţuirea pe planeta Pământ, pur şi poate că simplu nu e structurat pentru a rezolva aceste mistere. Sau poate, pe măsură ce inteligenţa noastră continuă să evolueze, relaţia noastră cu realitatea va dobândi un caracter complet diferit, cu rezultatul că întrebările majore de azi vor deveni irelevante. Deşi ambele variante sunt posibile, faptul că lumea aşa cum o înţelegem acum, cu tot cu misterele rămase, persistă cu o coerenţă matematică şi logică atât de riguroasă, şi faptul că am fost în stare să descifrăm atât de mult din acea coerenţă îmi sugerează că nici una din ele nu e corectă. Nu ne lipseşte capacitatea mentală. Nu privim ţintă peretele lui Platon, fără să fim conştienţi de un tip radical diferit de adevăr, inaccesibil nouă, având puterea de a oferi subit o nouă şi uimitoare claritate.

În timp ce ne precipităm spre un cosmos rece şi steril, trebuie să acceptăm că nu există vreun mare proiect. Particulele nu sunt înzestrate cu scop. Nu există un răspuns final care să plutească în adâncurile spaţiului aşteptând să fie descoperit. În schimb, anumite ansambluri speciale de particule pot să gândească, să simtă şi să reflecteze, iar în interiorul acestor lumi subiective ele pot crea un scop. Iar astfel, în încercarea noastră de a înţelege condiţia umană, singura direcţie în care trebuie să privim e spre interior. Aceasta e direcţia nobilă în care să privim. O direcţie care renunţă la răspunsurile de-a gata şi ne îmbarcă în călătoria foarte personală de a construi propria noastră

semnificație. Este o direcție care duce în inima expresiei creative şi la sursa celor mai răsunătoare narațiuni. Ştiința e un instrument splendid şi puternic pentru a înțelege realitatea exterioară. Dar în cunoaştere, tot restul e specia umană care se contemplă pe sine, învățând ce are nevoie pentru a se perpetua şi spunând o poveste care reverberează în întuneric, o poveste sculptată din sunet şi gravată în tăcere, o poveste care, în ce are ea mai bun, emoționează sufletul.

---

43. Rezervație naturală în Africa de Sud (n. tr.).

44. Bucuria de a trăi, în limba franceză în original (n. tr.).

45. Orice teatru profesionist din Manhattan, New York, cu o capacitate între 100 şi 499 de locuri, mai mică decât a teatrelor de pe Broadway (n. tr.).

46. Film din 1977, regizat de Woody Allen (n. tr.).

Mulțumiri

Le sunt recunoscător multor oameni care mi-au oferit un feedback neprețuit în timp ce scriam *Până la sfârşitul timpului*. Pentru a fi citit cu atenție manuscrisul, uneori nu doar o dată, şi a-mi fi oferit opinii, critici şi sugestii care au îmbogățit substanțial prezentarea, sunt profund îndatorat lui Raphael Gunner, Ken Vineberg, Tracy Day, Michael Douglas, Saakshi Dulani, Richard Easther, Joshua Greene, Wendy Greene, Raphael Kasper, Eric Lupfer, Markus Pössel, Bob Shaye şi Doron Weber. Pentru lectura atentă şi comentariile asupra anumitor secțiuni sau capitole, şi/sau răspunsuri la întrebări, le mulțumesc lui David Albert, Andreas Albrecht, Barry Barish, Michael Bassett, Jesse Bering, Brian Boyd, Pascal Boyer, Vicki Carstens, David Chalmers, Judith Cox, Dean Eliott, Jeremy England, Stuart Firestein, Michael Graziano, Sandra Kaufmann, Will Kinney, Andrei Linde, Avi Loeb, Samir Mathur, Peter de Menocal, Brian Metzger, Ali Mousami, Phil Nelson, Maulik Parikh, Steven Pinker, Adam Riess, Benjamin Smith, Sheldon Solomon, Paul Steinhardt, Giulio Tononi, John Valley şi Alex Vilenkin. Mulțumesc întregii echipe de la Knopf, între care redactorul Amy Ryan, editorul-adjunct Chip Kidd, editorul de producție Rita Madrigal şi editorului meu, Edward Kastenmeier, care a oferit multe sugestii perspicace şi, împreună cu agentul meu Eric Simonoff au susținut întru totul proiectul în fiecare stadiu de dezvoltare. În fine, profunda mea recunoştință pentru dragostea şi sprijinul statornic se îndreaptă

către familia mea: mama mea, Rita Greene; surorile mele, Wendy Greene şi Susan Greene, şi fratelui meu, Joshua Greene; copiilor mei, Alec Day Greene şi Sophia Day Greene; şi minunatei mele soții şi cel mai drag prieten, Tracy Day.

Note

Prefață

1. Citatul aparține unuia dintre primii mei mentori, un doctorand în matematică la Universitatea Columbia în anii 1970, Neil Bellinson, care şi-a dăruit cu generozitate timpul şi talentul unic pentru a învăța matematică un tânăr student – eu – care nu avea nimic de oferit în afara pasiunii pentru a învăța. Discutam la acea vreme un eseu pe care-l scriam pentru un curs de psihologie la Harvard predat de David Buss, în prezent la Universitatea din Texas, la Austin.
2. Oswald Spengler, *Decline of the West* (New York: Alfred A. Knopf, 1986), 7.
3. Ibid., 166.
4. Otto Rank, *Art and Artist: Creative Urge and Personality Development*, trad. Charles Francis Atkinson (New York: Alfred A. Knopf, 1932), 39.
5. Sartre articulează perspectiva aceasta prin intermediul reflecțiilor personajului condamnat Pablo Ibbieta din minunata povestire „Zidul“. Jean-Paul Sartre, *The Wall and Other Stories*, trad. Lloyd Alexander (New York: New Directions Publishing, 1975), 12.

1. Seducția eternității

1. William James, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature* (New York: Longmans, Green, and Co., 1905), 140.
2. Ernest Becker, *The Denial of Death* (New York: Free Press, 1973), 31. Becker considera că Otto Rank a avut o influență dominantă asupra lui.

3. Ralph Waldo Emerson, *The Conduct of Life* (Boston and New York: Houghton Mifflin Company, 1922), note 38, 424.
4. E.O. Wilson invocă cuvântul *consilience* [coincidență, convergență, suprapunere] pentru a descrie perspectiva sa privind reunirea unor cunoştințe disparate în vederea unei înțelegeri mai profunde. E.O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge* (New York: Vintage Books, 1999).
5. În capitole ulterioare voi discuta dovezile care sugerează că conştiința emergentă a propriei mortalități a avut o influență universală asupra omenirii; dar, întrucât datele ferme care să ateste vechiul cadru mental uman sunt puține sau inexistente, concluzia nu e unanim acceptată. Pentru o altă perspectivă, care susține că frica de moarte este o afecțiune modernă, vezi de exemplu Philippe Ariès, *The Hour of Our Death*, trad. Helen Weaver (New York: Alfred A. Knopf, 1981). Conform perspectivei lui Becker, bazată pe ideile lui Otto Rank, frica de moarte e adânc înrădăcinată în specia noastră.
6. Vladimir Nabokov, *Speak, Memory: An Autobiography Revisited* (New York: Alfred A. Knopf, 1999), 9.
7. Robert Nozick, „Philosophy and the Meaning of Life“, în *Life, Death, and Meaning: Key Philosophical Readings on the Big Questions*, ed. David Benatar (Lanham, MD: The Rowman & Littlefield Publishing Group, 2010), 73–74.
8. Emily Dickinson, *The Poems of Emily Dickinson*, ed. R.W. Franklin (Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1999), 307.
9. Henry David Thoreau, *The Journal, 1837–1861* (New York: New York Review Books Classics,

2009), 563.

10. Franz Kafka, *The Blue Octavo Notebooks*, trad. Ernst Kaiser şi Eithne Wilkens, ed. Max Brod (Cambridge, MA: Exact Change, 1991), 91.

2. Limbajul timpului

1. Emisiunea, transmisă pe Programul al Treilea al BBC, pe data de 28 ianuarie 1948, ora 9:45 p.m., a fost o dezbatere care a avut loc anul precedent. https:// genome .ch .bbc .co .uk/ 35b8e9bdcf60458c976b882d80d9937f.
2. Bertrand Russell, *Why I Am Not a Christian* (New York: Simon & Schuster, 1957), 32–33 [*De ce nu sunt creştin*, trad. în limba română de Mihaela Iacob, Minerva, Bucureşti, 1980].
3. Aceasta e, desigur, o descriere extrem de simplificată a unui motor cu aburi, modelată pe aşa-numitul *ciclu Carnot*, care implică patru paşi: (1) Aburul dintr-un cilindru absoarbe căldură de la o sursă (numită în general rezervor de căldură) şi împinge un piston, efectuând lucru mecanic la temperatură constantă. (2) Cilindrul e deconectat de la sursa de căldură şi lăsat să împingă în continuare pistonul, efectuând acum lucru mecanic în timp ce temperatura aburului scade (dar entropia lui rămâne constantă, deoarece nu există flux de căldură). (3) Cilindrul este apoi conectat la un al doilea rezervor de căldură, cu o temperatură mai joasă decât a primului, şi se efectuează lucru mecanic la această temperatură mai joasă constantă pentru a readuce pistonul în poziția inițială, expulzând căldură reziduală în proces. (4) În sfârşit, cilindrul e deconectat de la rezervorul mai rece în timp ce asupra pistonului se exercită în continuare lucru mecanic, readucându-l înapoi în poziția inițială, iar

temperatura aburului este mărită pentru a reveni şi ea la valoarea inițială. După care ciclul începe din nou. Într-un motor cu aburi real – spre deosebire de unul teoretic pe care îl analizăm matematic – paşii aceştia, sau unii comparabili, sunt realizați într-o diversitate de moduri dictate de considerente inginereşti sau practice.

4. Sadi Carnot, *Reflections on the Motive Power of Fire* (Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1960).
5. Modelul unei mingi de baseball ca o singură particulă masivă fără structură internă este o aproximare grosieră a mingii reale. Cu toate acestea, aplicarea legilor lui Newton acestui model aproximativ furnizează mişcarea clasică *exactă* a centrului de masă al mingii. Pentru mişcarea centrului de masă, legea a treia a lui Newton asigură că toate forțele interne se anulează reciproc, astfel încât mişcarea sa depinde exclusiv de forțele externe aplicate.
6. Un studiu (B. Hansen, N. Mygind, „How often do normal persons sneeze and blow the nose?“ *Rhinology* 40, nr. 1 [martie 2002]: 10–12) a ajuns la concluzia că, în medie, oamenii strănută aproximativ o dată pe zi. Deoarece sunt în jur de 7 miliarde de oameni pe Pământ, aceasta înseamnă în medie 7 miliarde de strănuturi pe zi în întreaga lume. Şi cum într-o zi sunt aproximativ 86.000 de secunde, rezultă că în fiecare secundă în lume sunt aproximativ 80.000 de strănuturi.
7. Descrierea prezentată e utilă ca rezumat simplificat, dar există sisteme fizice mai exotice, în care, pentru a asigura că succesiunile inverse sunt permise de legile fizicii, sistemul trebuie supus la două alte manipulări dincolo de inversia

temporală: trebuie de asemenea inversate sarcinile tuturor particulelor (aşa-numita *conjugare de sarcină*), precum şi caracterele levogir şi dextrogir (aşa-numita *inversie a parității*). Legile fizicii aşa cum le cunoaştem în prezent, respectă în mod necesar combinația tuturor celor trei inversiuni, ceea ce se numeşte *teorema CPT* (C reprezintă conjugarea de sarcină, P inversia parității, iar T inversia temporală).

8. Pentru două reversuri, calculul este (100 × 99)/2 = 4.950; pentru trei reversuri, (100 × 99 × 98)/3! = 161.700; pentru patru reversuri, (100 × 99 × 98 × 97)/4! = 3.921.225; pentru cinci reversuri (100 × 99 × 98 × 97 × 96)/5! = 75.287.520; pentru 50 de reversuri $(100!/(50!)^2)$ = 100.891.344.545.564.193.334.812.497.256.
9. Mai precis, entropia este *logaritmul* numărului de membri ai unui grup dat, o distincție matematică esențială care asigură că entropia are proprietăți fizice rezonabile (de exemplu, când două sisteme sunt reunite, entropiile lor se adună), dar pe care o putem ignora fără nici un risc în discuția noastră calitativă. În unele părți din capitolul 10 vom folosi în mod implicit definiția mai precisă, dar deocamdată nu e necesar.
10. În exemplul acesta, din rațiuni didactice, vom considera doar aburul – moleculele de H_2O – care pluteşte în baie. Ignorăm rolul aerului şi al oricăror alte substanțe prezente. Pentru simplitate, ignorăm de asemenea structura internă a moleculelor de apă şi le tratăm ca particule punctiforme. Când ne referim la temperatura aburului, rețineți că apa lichidă se transformă în aburi la 100° C, dar că, odată format aburul, temperatura lui poate fi mărită şi mai mult.

11. Din punct de vedere fizic, temperatura e direct proporțională cu energia cinetică medie a particulelor, şi ca atare se calculează matematic mediind pătratele vitezelor particulelor. Pentru scopurile noastre, e suficient să ne gândim la temperatură în termenii vitezei medii – modulul vitezei.
12. Mai precis, prima lege a termodinamicii este o versiune a legii de conservare a energiei care (i) recunoaşte căldura ca o formă de energie şi (ii) ține seama de lucrul mecanic efectuat de către sau asupra unui sistem dat. Conservarea energiei afirmă aşadar că modificarea energiei interne a unui sistem rezultă din diferența între căldura totală absorbită şi lucrul mecanic total pe care-l efectuează. Cititorul foarte bine informat poate obiecta că atunci când considerăm energia şi conservarea ei într-un cadru global – în întregul univers – apar subtilități. Pe acestea nu va fi necesar să le explorăm, de aceea putem asuma fără nici un risc enunțul simplu că energia se conservă.
13. La fel ca în exemplul cu aburul din baie, în care am ignorat moleculele de aer, pentru simplitate nu voi lua în considerare explicit ciocnirile dintre moleculele fierbinți eliberate de pâinea care se coace şi moleculele mai reci de aer care plutesc prin bucătărie şi prin restul casei. În medie, aceste ciocniri vor mări viteza moleculelor de aer şi vor micşora viteza acelora provenite din pâine, aducând în final ambele tipuri de molecule la aceeaşi temperatură. Scăderea temperaturii moleculelor din pâine le va reduce entropia, dar temperatura mai mare a moleculelor de aer va avea ca rezultat o creştere a entropiei mai mult decât compensatoare, astfel încât entropia

combinată a ambelor grupuri va creşte. În versiunea simplificată pe care am descris-o, ne putem imagina că viteza medie a moleculelor eliberate prin coacerea pâinii rămâne constantă în timp ce ele se împrăştie; temperatura lor va rămâne fixă, astfel încât creşterea entropiei lor se va datora doar faptului că umplu un volum mai mare.

14. Pentru cititorul cunoscător într-ale matematicii, la baza acestei discuții – la fel ca în majoritatea abordărilor mecanicii statistice din manuale şi din literatura de specialitate – se află o presupunere tehnică esențială. Pentru orice macrostare, *există* microstări compatibile care vor evolua în direcția unor configurații cu entropie mai joasă. De exemplu, să considerăm versiunea inversată temporal a oricărui proces care a produs o anumită microstare pornind de la o configurație anterioară cu entropie mai joasă. O asemenea microstare „inversată temporal“ ar evolua spre o entropie mai joasă. În general, categorisim astfel de microstări drept „rare“ sau „foarte acordate“. Din punct de vedere matematic, această categorisire necesită specificarea unei *măsuri* pe spațiul configurațiilor. În situații obişnuite, folosirea măsurii uniforme într-un asemenea spațiu face ca acele condiții inițiale care duc la scăderea entropiei să fie într-adevăr „rare“ – altfel spus, cu măsură mică. Totuşi, dacă măsura a fost aleasă astfel încât să aibă un maximum în jurul configurațiilor inițiale care duc la scăderea entropiei, atunci acestea, în mod deliberat, nu vor fi rare. Din câte ştim, alegerea măsurii este empirică; pentru tipurile de sisteme întâlnite în viața de zi cu zi, măsura uniformă duce la predicții în acord cu observațiile, de aceea

adoptăm această măsură. Dar este important de reținut că alegerea măsurii se justifică prin experiment şi observație. Atunci când examinăm situații exotice (precum universul timpuriu) pentru care nu dispunem de date analoage care să ne conducă la o anumită alegere a măsurii, trebuie să admitem că intuițiile noastre despre „rar“ sau „generic“ nu mai au aceeaşi bază empirică.

15. Există câteva aspecte relevante pe care le-am ignorat în acest paragraf şi care afectează semnificația unei stări cu „entropie maximă“ atunci când sunt aplicate universului. În primul rând, în capitolul acesta nu luăm în considerare rolul gravitației. În capitolul 3 o vom face. Şi, aşa cum vom vedea, gravitația are un impact profund asupra configurațiilor de particule cu entropie înaltă. În fapt, deşi nu va fi subiectul nostru, într-un volum finit de spațiu, configurația cu entropie maximă este o gaură neagră – un obiect profund dependent de gravitație – care umple complet volumul spațial (pentru detalii vezi, de exemplu, cartea mea *The Fabric of the Cosmos*, capitolele 6 şi 16). În al doilea rând, dacă considerăm regiuni spațiale arbitrar de mari – chiar infinite – configurațiile cu cea mai mare entropie ale unei anumite cantități de materie şi energie sunt acelea în care particulele constituente (materie şi/sau radiație) sunt distribuite uniform într-un volum din ce în ce mai mare. Într-adevăr, găurile negre, aşa cum vom vedea în capitolul 10, în cele din urmă se evaporă (printr-un proces descoperit de Stephen Hawking), producând configurații cu entropie înaltă, în care particulele sunt tot mai risipite. În al treilea rând, pentru scopul acestei secțiuni, singurul fapt de care avem nevoie este

că entropia actualmente prezentă în orice volum dat al spațiului nu are valoarea maximă. Dacă acel volum ar conține, să zicem, camera în care ne găsim, entropia ar creşte, dacă toate particulele care ne alcătuiesc pe noi, mobila şi orice alte structuri materiale din cameră ar colapsa într-o mică gaură neagră, care ulterior s-ar evapora producând particule care s-ar împrăştia într-un volum şi mai mare de spațiu. Însăşi existența unor structuri materiale interesante – stele, planete, viață etc. – implică aşadar că entropia e mai scăzută decât valoarea maximă posibilă. Apariția unor asemenea configurații speciale, cu entropie relativ scăzută, necesită o explicație. În capitolul următor vom aborda această problemă.

16. Pentru cititorul interesat, mai există un amănunt care merită clarificat. Atunci când aburul împinge pistonul, el consumă o parte din energia absorbită din combustibil, dar în acest proces aburul nu transferă deloc entropie pistonului (presupunând că pistonul are aceeaşi temperatură ca aburul). La urma urmei, faptul că pistonul este *aici* sau, fiind împins, s-a deplasat puțin mai departe de *aici*, nu are nici un impact asupra ordinii sau dezordinii sale interne, entropia lui nu se modifică. Iar dacă pistonului nu i se transferă deloc entropie, aceasta rămâne în întregime în abur. Ceea ce înseamnă că atunci când pistonul e readus în poziția inițială, pregătit pentru următoarea cursă, aburul trebuie cumva să elimine excesul de entropie pe care-l conține. Pentru asta, aşa cum am subliniat în capitol, motorul cu aburi elimină căldură în mediul înconjurător.
17. Bertrand Russell, *Why I Am Not a Christian* (New York: Simon & Schuster, 1957), 107.

3. Originile şi entropia

1. Georges Lemaître, „*Recontres avec Einstein*“, *Revue des questions scientifiques* 129 (1958): 129–132.
2. Istoria completă a convertirii lui Einstein la un univers în expansiune a implicat doi factori. În primul rând, Arthur Eddington a demonstrat matematic că propunerea anterioară a lui Einstein a unui univers static suferea de o deficiență tehnică: soluția era instabilă, în sensul că, dacă întinderea spațiului primeşte un uşor impuls să se extindă, ea va continua să se extindă, iar dacă primeşte un uşor impuls să se contracte, ea va continua să se contracte. În al doilea rând, aşa cum am văzut în capitolul anterior, observațiile au arătat tot mai limpede că spațiul nu e static. Combinarea acestor elemente l-a convins pe Einstein să renunțe la ideea unui univers static (deşi unii au susținut că ponderea cea mai mare au avut-o considerentele teoretice). Pentru detaliile istoriei, vezi Harry Nussbaumer, „Einstein’s conversion from his static to an expanding universe“, *European Physics Journal–History* 39 (2014): 37–62.
3. Alan H. Guth, „Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems“, *Physical Review D* 23 (1981): 347. Termenul tehnic pentru „combustibil cosmic“ este câmp scalar. Spre deosebire de mai familiarele câmpuri electric şi magnetic, care asociază fiecărui punct din spațiu un vector (mărimea şi direcția câmpului electric sau magnetic în acel punct), un câmp scalar asociază fiecărui punct din spațiu câte un singur număr (din aceste numere se pot determina energia şi presiunea câmpului). De reținut că articolul lui Guth şi multe tratări

ulterioare au pus accent pe rolul inflației în abordarea unui număr de probleme cosmologice care până atunci îi obstrucționaseră pe cercetători – problema monopolului, problema orizontului şi problema caracterului plat fiind cele mai proeminente. Pentru o discuție accesibilă şi edificatoare a acestor chestiuni, vezi Alan Guth, *The Inflationary Universe* (New York: Basic Books, 1998). Urmându-l pe Guth, îmi place să motivez inflația punând problema mai intuitivă de a identifica împingerea spre exterior care a determinat expansiunea spațială a big bang-ului.

4. Răcirea la care mă refer are loc imediat după ce explozia inflaționară s-a încheiat, şi universul a intrat într-o fază de expansiune spațială mai puțin rapidă, dar încă semnificativă. Pentru simplitate, am omis o serie de paşi intermediari în evoluția cosmologică. Universul timpuriu s-a răcit fiindcă o mare parte a energiei sale era purtată de unde electromagnetice, iar acestea se alungesc odată cu expansiunea spațiului. Creşterea lungimii de undă a undelor electromagnetice – aşa-numita deplasare spre roşu a radiației – le micşorează energia şi le reduce temperatura globală. De remarcat totuşi că, deşi temperatura scade, entropia globală creşte datorită extinderii volumului spațial.
5. Există o perspectivă minoritară care atribuie ceața unei limitări cuantice inerente a preciziei măsurătorilor, iar nu unei realități fundamental difuze. În această abordare – numită de obicei „mecanică bohmiană“, după fizicianul David Bohm, dar desemnată uneori ca „teoria de Broglie–Bohm“, pentru a-l include şi pe laureatul Nobel Louis de Broglie – particulele au traiectorii precise şi bine definite. Aceste traiectorii diferă

de cele prezise de mecanica clasică (asupra particulelor în mişcare acționează o forță cuantică suplimentară), dar pentru a folosi limbajul din acest capitol, asemenea traiectorii pot fi desenate cu un condei ascuțit. Incertitudinea şi neclaritatea din formularea mai tradițională a mecanicii cuantice se manifestă ca o incertitudine statistică privind condițiile inițiale ale oricărei particule. Deosebirea dintre cele două perspective, deşi esențială pentru imaginea realității descrise de fiecare teorie, nu are practic nici un impact asupra predicțiilor cantitative.

6. Cosmologia inflaționară e un cadru teoretic – spre deosebire de o teorie anume – bazat pe premisa că, în timpul unei faze timpurii a evoluției sale, universul a trecut printr-o scurtă perioadă de expansiune rapid accelerată. Modul exact în care a apărut această fază şi detaliile desfăşurării ei diferă de la o formulare matematică la alta. Versiunile cele mai simple sunt contrazise de datele observaționale tot mai precise, ceea ce a îndreptat atenția asupra unor versiuni mai complexe ale teoriei inflaționare. Criticii susțin că versiunile mai complexe sunt mai puțin convingătoare şi, în plus, demonstrează că paradigma inflaționară e prea flexibilă pentru ca datele s-o poată vreodată elimina. Adepții susțin că asistăm doar la progresul natural al ştiinței: Ne ajustăm în permanență teoriile pentru a le pune de acord cu informațiile cele mai precise furnizate de măsurătorile observaționale şi calculele matematice. Mai general şi în termeni mai tehnici, o afirmație acceptată de majoritatea cosmologilor e că universul a trecut printr-o fază pe durata căreia dimensiunea orizontului care se mişca odată cu el s-a redus. Mai puțin clar e dacă

acea fază e descrisă corect de cosmologia inflaționară, în care dinamica e asigurată de energia uniformă care umple spațiul şi e furnizată de un câmp scalar (vezi nota 3 din acest capitol), aşa cum am văzut, sau dacă o asemenea fază a putut să apară printr-un mecanism diferit (de pildă, cosmologii ciclice, inflația branei, lumi de brane în coliziune, teorii în care viteza luminii e variabilă, printre altele care au fost propuse de fizicieni). În capitolul 10, vom discuta pe scurt posibilitatea unei cosmologii ciclice, aşa cum a fost elaborată de Paul Steinhardt, Neil Turok, în care universul traversează numeroase cicluri de evoluție cosmologică.

7. Pentru cititorul interesat, se cuvine să abordez un aspect important care umbreşte discuția. Dacă tot ce ştim despre un anumit sistem fizic este că are o entropie mai mică decât valoarea maximă posibilă, atunci legea a doua a termodinamicii ne permite să tragem nu una, ci două concluzii: Cea mai probabilă evoluție spre viitor a sistemului îi va creşte entropia, *şi* cea mai probabilă evoluție spre trecut a sistemului de asemenea îi va creşte entropia. Aceasta e povara legilor cu simetrie temporală – ecuații care operează exact la fel, indiferent dacă sistemul actual evoluează spre viitor sau spre trecut. Problema este că trecutul cu entropie mai înaltă la care conduc aceste considerații e incompatibil cu trecutul cu entropie mai scăzută atestat de memorie şi înregistrări. (Ne amintim că nişte cuburi de gheață care acum sunt parțial topite mai înainte au fost mai puțin topite, având aşadar o entropie mai scăzută, iar nu şi mai topite, ceea ce ar însemna o entropie mai înaltă.) Mai explicit, un trecut cu entropie înaltă ar submina încrederea în înseşi legile

fizicii, fiindcă un asemenea trecut nu ar include experimentele şi observațiile care susțin aceste legi. Pentru a evita o asemenea pierdere a încrederii trebuie să *impunem* un trecut cu entropie scăzută. În general, facem asta introducând o nouă supoziție, pe care filozoful David Albert a numit-o *ipoteza trecutului*, conform căreia entropia e ancorată la o valoare scăzută în preajma big bang-ului, şi în medie a crescut permanent de atunci încoace. Este abordarea pe care am adoptat-o implicit în acest capitol. În capitolul 10 vom analiza explicit posibilitatea improbabilă, dar conceptibilă, a unei stări cu entropie scăzută care evoluează dintr-o configurație anterioară cu entropie înaltă. Pentru ideile de bază şi mai multe detalii, vezi capitolul 7 din *The Fabric of the Cosmos*.

8. Descrierile matematice ale entropiei precizează: În orice regiune există mult mai multe moduri în care valoarea unui câmp poate să varieze (mai mare aici, mai mică acolo, mult mai mică dincolo etc.) decât moduri în care poate fi uniform (aceeaşi valoare pretutindeni), şi prin urmare condițiile necesare au entropie scăzută. Există totuşi o supoziție tehnică ascunsă asupra căreia e important să atragem atenția. Pentru a uşura înțelegerea voi folosi limbajul clasic, dar considerațiile au o traducere directă în fizica cuantică. În lumea microscopică, nici o configurație de particule sau câmpuri nu se distinge în mod fundamental de oricare alta, şi de aceea considerăm în general că toate sunt la fel de probabile. Dar supoziția aceasta se bazează pe ceea ce filozofii numesc *principiul indiferenței*. Fără nici o dovadă a priori care să distingă o configurație microscopică de alta, le atribuim

probabilități de realizare egale. Când ne deplasăm atenția către lumea macroscopică, probabilitatea unei macrostări în comparație cu alta e determinată de raportul numărului de microstări care le produc pe fiecare. Dacă numărul microstărilor care produc o anumită macrostare este de două ori mai mare decât al celor care produc o altă macrostare, atunci probabilitatea de apariție a primei macrostări este de două ori mai mare.

Să observăm totuşi că, în mod fundamental, justificarea principiului indiferenței trebuie bazată empiric. Într-adevăr, experiența comună confirmă valabilitatea unei multitudini de utilizări, chiar dacă implicite, ale principiului indiferenței. Să luăm exemplul cu aruncarea monedelor. Presupunând că fiecare „microstare“ a monedelor (o stare specificată enumerând dispunerea fiecărei monede, de pildă moneda 1 e avers, 2 e revers, 3 e revers etc.) e la fel de probabilă ca oricare alta, conchidem că acele aranjamente „macroscopice“ (stări specificate precizând doar numărul total de aversuri şi reversuri, nu şi dispunerea monedelor individuale) care pot fi realizate de mai multe stări microscopice sunt mai probabile. Când aruncăm monedele, presupunerea aceasta e confirmată empiric de raritatea acelor rezultate, care pot fi realizate doar de un număr mic de microstări (de pildă, numai aversuri) şi de ubicuitatea acelora care pot fi realizate de un număr mare de microstări (de pildă, jumătate aversuri şi jumătate reversuri).

Relevanța pentru discuția noastră cosmologică este că, atunci când spunem că o porțiune uniformă a câmpului inflaton e „improbabilă“,

invocăm în mod similar principiul indiferenței. Presupunem în mod implicit că fiecare configurație microscopică posibilă a câmpului (valoarea precisă a câmpului în fiecare punct) e la fel de probabilă ca oricare alta, şi deci, din nou, probabilitatea unei configurații macroscopice date e proporțională cu numărul de microstări care o realizează. Spre deosebire însă de cazul aruncării monedelor, nu avem nici o dovadă empirică în sprijinul acestei presupuneri. Faptul că ea pare rezonabilă se bazează pe experiența noastră în lumea macroscopică de zi cu zi, unde principiul indiferenței e susținut de observație. Dar, în cazul evoluției cosmologice, cunoaştem o singură derulare a experimentului. O abordare empirică riguroasă ar conchide că, oricât de speciale ar părea unele configurații pe baza principiului indiferenței, dacă ele conduc la universul pe care îl observăm, atunci ele se disting şi, ca o clasă, merită să fie numite nu doar „probabile“, ci „certe“ (supuse obişnuitei naturi provizorii a tuturor explicațiilor ştiințifice). Din punct de vedere matematic, o asemenea mutație în ceea ce numim probabil şi improbabil e desemnată ca o schimbare a măsurii pe spațiul configurațiilor (vezi capitolul 2, nota 14). Măsura inițială, care atribuie probabilități egale fiecărei configurații posibile, se numeşte măsură „plată“. Observațiile pot astfel să motiveze introducerea unei măsuri „non-plate“ care distinge anumite clase de configurații ca fiind mai probabile.

Pe fizicieni în general nu-i satisface o asemenea abordare. Lor li se pare „nenaturală“ introducerea unei măsuri pe spațiul configurațiilor care să asigure cea mai mare pondere acelora care conduc la lumea pe care o ştim. Ei caută o

structură matematică fundamentală, bazată pe principii prime, care să producă această măsură ca un rezultat, în loc s-o includă printre datele inițiale. Chestiuni importante sunt dacă asta nu înseamnă a cere prea mult şi dacă succesul nu ar deplasa pur şi simplu întrebarea cu un pas înapoi, la presupunerile implicite subiacente oricărei abordări bazate pe principii prime. Acestea nu sunt preocupări pedante. Mare parte a lucrărilor teoretice din ultimii treizeci de ani în domeniul fizicii particulelor au abordat chestiuni privitoare la reglajul fin în teoriile noastre cele mai subtile (reglajul fin al câmpului Higgs în modelul standard din fizica particulelor; reglajul fin necesar pentru a aborda problema orizontului şi cea a caracterului plat în cosmologia big bang standard). E adevărat că asemenea cercetări au dus la descoperiri profunde atât în fizica particulelor, cât şi în cosmologie, dar vom ajunge la un punct când va trebui pur şi simplu să acceptăm că anumite caracteristici ale lumii sunt date, fără o explicație mai adâncă? La fel ca mulți dintre colegii mei, îmi place să cred că răspunsul e negativ. Dar nu avem nici o garanție că aşa va fi.

9. Andrei Linde, comunicare personală 15 iulie 2019. Linde preferă abordarea în care faza inflaționară e inițiată de un eveniment de tunelare cuantică dintr-un domeniu al tuturor geometriilor şi câmpurilor posibile, în care conceptele de timp şi temperatură nu au încă semnificație. Folosind judicios aspecte ale formalismului cuantic, Linde a argumentat că crearea cuantică a condițiilor care conduc la o expansiune inflaționară ar putea fi un proces comun în universul timpuriu, care nu suferă nici o suprimare cuantică.

10. E natural să credem că cu cât un telescop e mai puternic (cu cât e mai mare reflectorul sau oglinda etc.), cu atât el va putea distinge obiecte mai îndepărtate. Dar există o limită. Dacă un obiect e atât de departe, încât lumina pe care a emis-o de la naşterea sa nu a avut încă timp să ajungă până la noi, atunci, indiferent ce echipament folosim, nu-l vom putea vedea. Spunem că asemenea obiecte se află dincolo de *orizontul cosmic*, concept care va juca un rol deosebit de important în discuția noastră despre viitorul îndepărtat din capitolele 9 şi 10. În cosmologia inflaționară, spațiul se extinde atât de rapid, încât regiunile înconjurătoare sunt realmente împinse dincolo de orizontul nostru cosmic.
11. Pe baza unor dovezi indirecte (mişcarea stelelor şi galaxiilor), există un consens larg că spațiul e inundat cu particule de materie întunecată – particule care exercită o forță gravitațională, dar nu absorb şi nici nu produc lumină. Dar cum căutarea particulelor de materie întunecată n-a avut până acum nici un rezultat, unii cercetători au sugerat alternative la materia întunecată în care observațiile sunt explicate prin modificări ale legii forței gravitaționale. Dat fiind eşecul repetat a numeroase experimente menite a detecta direct particulele de materie întunecată, teoriile alternative atrag tot mai mult atenția.
12. Direcția fluxului de căldură, de la substanțe sau medii mai fierbinți la altele mai reci, este o consecință directă a legii a doua a termodinamicii. Când cafeaua fierbinte se răceşte la temperatura camerei, transferând o parte din căldura sa moleculelor de aer din cameră, aerul se încălzeşte uşor, astfel încât entropia sa creşte.

Creşterea entropiei aerului depăşeşte scăderea entropiei cafelei care se răceşte, aşa încât per ansamblu entropia creşte. Matematic, variația entropiei unui sistem e dată de raportul dintre variația căldurii şi temperatură ($\Delta S = \Delta Q/T$, unde S este entropia, Q este căldura, iar T este temperatura). Atunci când căldura curge de la un sistem mai fierbinte la unul mai rece, mărimea variației căldurii fiecărui sistem este aceeaşi, dar, aşa cum arată ecuația, scăderea entropiei sistemului mai fierbinte e mai mică decât creşterea entropiei sistemului mai rece (datorită factorului T de la numitor), aşa încât variația netă va duce la o creştere per ansamblu a entropiei.

13. Din punctul de vedere al conservării energiei, pe măsură ce moleculele se mişcă spre exterior, energia lor potențială gravitațională creşte, deci energia lor cinetică scade.

14. Cititorul interesat de matematică şi cu pregătire în fizică poate înțelege aceasta cu ajutorul unui calcul simplu, folosind mecanica statistică clasică, în care entropia e proporțională cu volumul din spațiul fazelor. Să presupunem că norul de gaz în contracție satisface (faimoasa) teoremă a virialului, care stabileşte o legătură între energia cinetică medie a particulelor, K, şi energia lor potențială medie, U, prin intermediul formulei $K = -U/2$. Atunci, deoarece energia potențială gravitațională e proporțională cu $1/R$, unde R este raza norului, K este de asemenea proporțional cu $1/R$. În plus, deoarece energia cinetică e proporțională cu pătratul vitezei particulelor, obținem că viteza medie a particulelor e proporțională cu $1/\sqrt{R}$. Volumul din spațiului fazelor accesibil particulelor din nor e astfel proporțional cu $R^3(1/\sqrt{R})^3$, unde primul

factor reprezintă volumul spațial accesibil particulelor, iar al doilea factor reprezintă volumul din spațiul impulsului accesibil particulelor. Vedem că scăderea volumului spațial domină creşterea volumului în spațiul impulsului, producând o scădere de ansamblu a entropiei pe măsură ce norul se contractă. Să mai observăm că teorema virialului garantează că, pe măsură ce norul se contractă, scăderea energiei potențiale depăşeşte creşterea energiei cinetice (datorită factorului „2“ din relația între *K* şi *U*), aşa încât nu doar entropia, ci şi energia părții din nor care se contractă scade. Energia e radiată stratului înconjurător, a cărui energie creşte, la fel ca entropia.

4. Informație şi vitalitate

1. Scrisoare de la F.H.C. Crick către E. Schrödinger, 12 august 1953.
2. J.D. Watson şi F.H.C. Crick, „Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid“, *Nature* 171 (1953): 737–738. Personajul principal în descoperire a fost chimista şi cristalografa Rosalind Franklin, a cărei „fotografie 51“ a fost oferită lui Watson şi Crick de către Wilkins fără ca ea să ştie. Fotografia aceasta a fost esențială pentru ca Watson şi Crick să completeze modelul de spirală dublă a ADN-ului. Franklin a murit în 1958, cu patru ani înainte de acordarea Premiului Nobel pentru descifrarea structurii ADN-ului – iar Nobelul nu se poate acorda postum. Dacă Franklin ar mai fi fost în viață, nu e clar cum ar fi acționat comitetul Nobel. Vezi, de exemplu, Brenda Maddox, *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA* (New York: Harper Perennial,

2003).

3. Maurice Wilkins, *The Third Man of the Double Helix* (Oxford: Oxford University Press, 2003), 84.
4. Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 3.
5. Revista *Time*, Vol. 41, nr. 14 (5 aprilie 1943): 42.
6. Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 87.
7. K.G. Wilson, „Critical phenomena in 3.99 dimensions“, *Physica* 73 (1974): 119. Vezi discursul Nobel al lui Ken Wilson pentru o discuție semitehnică şi referințe: https://www.nobelprize.org.
8. Sub diverse forme, noțiunea de poveşti ierarhizate, numite uneori „nivele de înțelegere“ sau „nivele de explicație“, a fost invocată de savanți dintr-o gamă largă de discipline ştiințifice. Psihologii vorbesc despre explicarea comportamentului la nivel biologic (invocând cauze fiziochimice), la nivel cognitiv (invocând funcții de nivel superior ale creierului) şi la nivel cultural (invocând influențe sociale); unii savanți cognitivişti (începând cu neurologul David Marr) organizează cunoaşterea sistemelor care procesează informația într-un nivel de calcul, un nivel algoritmic şi un nivel fizic. Multe dintre schemele ierarhice adoptate de filozofi şi fizicieni au în comun angajamentul față de *naturalism* – termen deseori folosit, dar greu de definit precis. Mulți dintre cei care-l folosesc sunt de acord că naturalismul respinge explicațiile care invocă entități supranaturale şi se bazează exclusiv pe calități ale lumii naturale. Fireşte, pentru a preciza această poziție, trebuie să specificăm limite discernabile pentru ceea ce constituie

lumea naturală, mai uşor de spus decât de făcut. Mesele şi copacii se situează clar în domeniul său, dar ce se poate spune despre numărul cinci sau Ultima Teoremă a lui Fermat? Cum rămâne cu emoția bucuriei sau cu senzația de roşu? Ori cu idealurile inalienabile de libertate şi demnitate umană?

De-a lungul anilor, întrebări precum acestea au inspirat multe variațiuni pe tema naturalismului. O poziție extremă susține că singura cunoaştere legitimă a lumii provine din conceptele şi analizele ştiinței – poziție etichetată uneori drept „scientism“. Şi aici perspectiva necesită ca adepții ei să definească termenii cu precizie: Ce constituie ştiința? Evident, dacă prin ştiință se înțeleg concluziile bazate pe observații, experiențe şi gândire rațională, hotarele ştiinței se extind mult dincolo de disciplinele ştiințifice pe care le găsim îndeobşte reprezentate în cadrul universităților. După cum vă puteți imagina, aceasta atrage alegații privind o depăşire semnificativă a limitelor ştiinței.

Poziții mai puțin extreme inserează un angajament naturalist în diverse principii organizatorice. Filozoful Barry Stroud a susținut ceea ce el numeşte „naturalism expansiv sau cu vederi largi“, în care granițele explicative nu sunt fixate rigid de la bun început. În schimb, naturalismul expansiv îşi rezervă libertatea de a construi straturi de comprehensiune care invocă totul, de la ingredientele materiale ale naturii la calitățile psihologice şi enunțurile matematice abstracte, pentru a explica observațiile, experiențele şi analizele (Barry Stroud, „The Charm of Naturalism“, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical*

Association 70, nr. 2 [noiembrie 1996], 43–55). Filozoful John Dupré a susținut „naturalismul pluralist“, potrivit căruia visul unei unități în cadrul ştiinței e un mit primejdios, şi că în schimb explicațiile noastre trebuie să decurgă din „proiecte de investigație diverse şi suprapuse“ care să se extindă asupra ştiințelor tradiționale şi mai departe pentru a include, între alte discipline, istoria, filozofia şi artele (John Dupré, „The Miracle of Monism“, în *Naturalism in Question*, ed. Mario de Caro şi David Macarthur [Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004], 36–58). Stephen Hawking şi Leonard Mlodinow au introdus noțiunea de „realism dependent de model“, care descrie realitatea în termenii unei set de poveşti distincte, fiecare bazată pe un model sau cadru teoretic diferit pentru explicarea observațiilor, fie în lumea microscopică a particulelor sau în cea macroscopică a întâmplărilor cotidiene (Stephen Hawking şi Leonard Mlodinow, *The Grand Design* [New York: Bantam Books, 2010]). Fizicianul Sean Carroll a invocat „naturalismul poetic“ pentru a desemna explicații care extind naturalismul ştiințific pentru a include limbajul şi conceptele oferite unor diverse domenii de interes (Sean Carroll, *The Big Picture* [New York: Dutton, 2016]). Şi, aşa cum am arătat în capitolul 1, nota 4, E.O. Wilson foloseşte termenul *consilience* pentru a exprima o reunire a cunoştințelor din discipline foarte disparate care să ofere o profunzime a înțelegerii altminteri inaccesibilă.

Nu sunt un prea mare adept al jargonului, dar dacă ar trebui să-mi etichetez punctul de vedere, cel care ne va călăuzi discuția pe tot parcursul

cărții, l-aş numi „naturalism ierarhizat“ [*nested naturalism*]. Naturalismul ierarhizat, aşa cum va deveni limpede în capitolul acesta şi în următoarele, este fidel valorii şi aplicabilității universale a reducționismului. El acceptă ca pe un fapt că există o unitate fundamentală în funcționarea lumii şi postulează că o asemenea unitate va fi descoperită urmând programul reducționist până la orice profunzime ne va duce. Tot ce se petrece în lume admite o descriere în termenii constituenților fundamentali ai naturii, care urmează dictatele legilor fundamentale ale naturii. Naturalismul ierarhizat subliniază însă de asemenea că o astfel de descriere are putere explicativă limitată. Există multe alte nivele de comprehensiune care se înfăşoară în jurul descrierii reducționiste la fel cum părțile exterioare ale unui cuib se înfăşoară în jurul structurii sale interne. Şi, în funcție de întrebările care se pun, celelalte poveşti explicative pot oferi descrieri mult mai pătrunzătoare decât cele oferite de reducționism. Toate descrierile trebuie să fie compatibile între ele, dar la nivele superioare pot să apară concepte noi şi utile care nu admit corespondenți la nivelele inferioare. De exemplu, conceptul de undă pe apă are sens şi este util atunci când studiem un număr mare de molecule de apă, dar nu şi atunci când studiem o singură moleculă. În mod similar, în explorarea poveştilor bogate şi variate ale experienței umane, naturalismul ierarhizat invocă în mod liber descrieri la acele nivele structurale care se dovedesc cele mai edificatoare, asigurând în acelaşi timp că toate descrierile formează un întreg coerent.

9. Pe tot parcursul cărții, referirile la „viață“

înseamnă implicit „viața așa cum o cunoaștem, pe planeta Pământ“, de aceea nu voi face această precizare.

10. Un obstacol semnificativ în calea formării atomilor cu mase atomice mari este inexistența unor nuclee stabile care conțin cinci sau opt nucleoni. Pe măsură ce nucleele se constituie prin adăugarea succesivă de protoni și neutroni (nuclee de hidrogen și heliu), instabilitatea la pașii al cincilea și al optulea creează o gâtuire care împiedică nucleosinteza la big bang.
11. Procentele pe care le-am prezentat oferă abundențele relative în funcție de masă. Deoarece un nucleu de heliu are o masă de aproximativ patru ori mai mare decât a unui nucleu de hidrogen, raportând numărul atomilor de hidrogen la cel al atomilor de heliu se obțin alte procente, aproximativ 92% hidrogen și 8% heliu.
12. Pentru o istorie completă, vezi Helge Kragh, „Naming the Big Bang“, *Historical Studies in the Natural Sciences* 44, nr. 1 (februarie 2014): 3. Kragh sugerează că, deși Hoyle a favorizat propria sa teorie cosmologică (modelul stării staționare, în care universul a existat dintotdeauna), e posibil ca el să nu fi folosit termenul de „big bang“ în sens peiorativ, ci ca pe un mod pitoresc de a face distincție între teoria lui și această competitoare.
13. S.E. Woosley, A. Heger și T.A. Weaver, „The evolution and explosion of massive stars“, *Reviews of Modern Physics* 74 (2002): 1015.
14. Un studiu a analizat sute de mii de traiectorii posibile și a tras concluzia că aproape toate ar necesita ca Soarele să fie expulzat cu o viteză atât de mare, încât și-ar pierde discul protoplanetar sau, dacă planetele s-au format deja, ele s-ar

dispersa. (Bárbara Pichardo, Edmundo Moreno, Christine Allen *et al.*, „The Sun was not born in M67“, *The Astronomical Journal* 143, nr. 3 [2012]: 73). Un alt studiu, care face o presupunere diferită privind locul unde s-a format Messier 67 însuşi, a conchis că o viteză de expulzare mai mică ar fi putut lansa Soarele pe traiectoria lui, păstrând totodată planetele sau discul protoplanetar (Timmi G. Jørgensen şi Ross P. Church, „Stellar escapers from M67 can reach solar-like Galactic orbits“, arxiv.org, arXiv:1905.09586).

15. A.J. Cavosie, J.W. Valley, S.A. Wilde, „The Oldest Terrestrial Mineral Record: Thirty Years of Research on Hadean Zircon from Jack Hills, Western Australia“, în *Earth's Oldest Rocks*, ed. M.J. Van Kranendonk (New York: Elsevier, 2018), 255–278. Datele cele mai recente sunt compatibile cu studiul inițial descris în John W. Valley, William H. Peck, Elizabeth M. King şi Simon A. Wilde, „A Cool Early Earth“, *Geology* 30 (2002): 351–354; John Valley, comunicare personală, 30 iulie 2019.
16. Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science* (London: Penguin Books, 1958), 16.
17. Max Born, „*Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge*“, *Zeitschrift für Physik* 37, nr. 12 (1926): 863. În versiunea inițială a acestui articol, Born a asociat probabilitățile direct cu funcțiile de undă cuantice, dar, într-o notă de subsol adăugată ulterior, a corectat relația pentru a implica pătratul modulului funcției de undă.
18. Principiul de excluziune al lui Wolfgang Pauli, pe care îl vom discuta în capitolul 9, este de asemenea esențial pentru a determina orbitalii

cuantici permişi electronilor în jurul unui nucleu. Principiul de excluziune stabileşte că doi electroni (mai general, doi fermioni, particule cu spin semiîntreg) nu pot să ocupe aceeaşi stare cuantică. În consecință, orbitalii cuantici individuali determinați de ecuația lui Schrödinger pot să primească fiecare cel mult un electron (sau, incluzând gradul de libertate al spinului, doi electroni). Mulți dintre aceşti orbitali au aceeaşi energie, ceea ce în analogia noastră corespunde cu scaunele dispuse la acelaşi nivel în teatrul cuantic. Dar, odată ce toate aceste scaune sunt ocupate – odată ce toți orbitalii cuantici sunt ocupați –, acel nivel nu mai poate primi electroni suplimentari.

19. Dacă vă amintiți chimia din şcoală, vă veți da seama că am făcut o mică simplificare. Într-o descriere mai precisă, aş observa că (datorită mecanicii cuantice) atomii îşi organizează straturile într-o diversitate de substraturi ale căror momente cinetice au valori diferite. Uneori un strat superior, cu moment cinetic mai mic, are mai puțină energie decât un strat inferior cu moment cinetic mai mare. În acest caz, electronii vor popula acel substrat al stratului superior înainte să completeze stratul inferior.
20. Mai precis, stabilitatea se obține atunci când subpătura exterioară a unui atom (pătura lui de valență) e complet ocupată. Vă amintiți poate din liceu „regula lui opt“, conform căreia atomii au de obicei nevoie de opt electroni în pătura de valență, aşa încât vor dona, vor accepta sau vor pune în comun electroni cu alți atomi pentru a realiza acel număr.
21. Albert Szent-Györgyi, „Biology and Pathology of Water“, *Perspectives in Biology and Medicine*

14, nr. 2 (1971): 239.

22. În acest capitol ne concentrăm asupra plantelor şi animalelor, care sunt constituite din celule eucariote (care conțin un nucleu). Cercetătorii afirmă aşadar că filiațiile converg în „ultimul strămoş comun eucariot“ (LECA, *last eukaryotic common ancestor*). Mai general, dacă luăm în considerare şi bacteriile, şi archaea, filiațiile converg mai departe în trecut, în „ultimul strămoş comun universal“ (LUCA, *last universal common ancestor*).
23. A. Auton, L. Brooks, R. Durbin *et al.*, „A global reference for human genetic variation”, *Nature* 526, nr. 7571 (octombrie 2015): 68.
24. Oamenii de ştiință au elaborat diverse măsuri pentru a compara suprapunerea ADN-ului între specii. O metodă compară perechile de baze pentru genele care sunt comune speciilor (aceasta e originea diferenței genetice citate de aproximativ un procent între oameni şi cimpanzei), în timp ce o altă metodă compară genomurile în întregime (şi indică o diferență genetică om-cimpanzeu ceva mai mare).
25. Mai precis, cercetătorii numesc „aproape“ universal codul explicat în paragraful următor, reflectând faptul că în anumite cazuri particulare au fost descoperite variații. Totuşi, chiar şi aceste modificări modeste au în comun aceeaşi structură de codificare de bază descrisă în capitol.
26. Cu coduri din trei litere şi patru litere distincte, există 64 de combinații posibile. Dar întrucât aceste secvențe codifică numai 20 de aminoacizi, mai multe secvențe diferite pot codifica acelaşi aminoacid, cum se şi întâmplă. Din punct de vedere istoric, între primele articole care au desluşit codul genetic au fost F.H.C. Crick, Leslie

Barnett, S. Brenner şi R.J. Watts-Tobin, „General nature of the genetic code for proteins“, *Nature* 192 (1961): 1227–1232; J. Heinrich Matthaei, Oliver W. Jones, Robert G. Martin şi Marshall W. Nirenberg, „Characteristics and Composition of Coding Units“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 48, nr. 4 (1962): 666–677. La jumătatea anilor 1960, prin eforturile unui număr de cercetători, în primul rând Marshall Nirenberg, Robert Holley şi Har Gobind Khorana, codul a fost complet descifrat, realizare pentru care celor trei oameni de ştiință li s-a decernat Premiul Nobel pe 1968.

27. Definiția precisă a unei gene încă mai e subiect de dezbatere. În plus față de informația care codifică proteinele, o genă conține secvențe auxiliare (care nu sunt neapărat adiacente regiunii de codificare) ce pot influența modul precis în care o celulă foloseşte datele de codificare (de exemplu pentru a intensifica sau a inhiba viteza de producere a unei anumite proteine, între alte funcții regulatoare).

28. Ideea centrală, curenți electrici pe bază de protoni care alimentează sinteza ATP, a fost propusă de biochimistul britanic Peter Mitchell şi i-a adus Premiul Nobel pentru chimie pe 1978. (P. Mitchell, „Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism“, *Nature* 191 [1961]: 144–148.) Deşi diverse detalii ale propunerii lui Mitchell au necesitat rafinări ulterioare, Premiul Nobel i-a fost acordat pentru ideile sale despre „transferul energiei biologice“. Mitchell a fost un om de ştiință neobişnuit. Sătul de feluritele inepții ale lumii academice (pot simpatiza cu el), a înființat o companie caritabilă

independentă, Glynn Research, unde el împreună cu diverşi colegi şi un personal de maximum zece oameni au efectuat cercetări biochimice. Detaliile fascinantei sale vieți sunt relatate în cartea lui John Prebble şi Bruce Weber *Wandering in the Gardens of the Mind: Peter Mitchell and the Making of Glynn* (Oxford: Oxford University Press, 2003). Pentru detalii privind cunoştințele actuale despre extragerea şi transportul energiei în celule, vezi, de exemplu, Bruce Alberts *et al.*, *Molecular Biology of the Cell*, ed. a cincea (New York: Garland Science, 2007), capitolul 14. Cititorul avizat va observa o excepție de la universalitatea acestui proces: extragerea energiei prin *fermentație* (proces de extragere a energiei care nu foloseşte oxigen).

29. Charles Darwin, *The Origin of Species* (New York: Pocket Books, 2008).

30. În analogia mea, imaginez o firmă care-şi perfecționează produsul printr-un proces aleatoriu repetat de încercare şi eşec. Există însă alte metode în care încercarea şi eşecul pot fi mai eficient integrate. De exemplu, în dezvoltarea diverşilor algoritmi de calcul, informaticienii pornesc de la un algoritm, îl modifică aleatoriu, elimină acele modificări care reduc viteza algoritmului, iar apoi le modifică în continuare pe cele rămase (algoritmii modificați care sporesc viteza). Iterând această procedură, rezultă o abordare inspirată de selecția naturală care testează o gamă largă de posibilități, conducând la proceduri de calcul mai rapide. Bineînțeles, studierea unor algoritmi modificați pe un calculator e mult mai puțin costisitoare decât a încerca pe piață un produs modificat la întâmplare. Procesul orb de încercare şi eşec

poate fi aşadar o strategie utilă în diverse sarcini, atâta timp cât costurile în timp şi resurse pentru a itera rundă după rundă de modificări aleatorii sunt mici (sau dacă modificările pot fi testate în paralel în număr mare).

31. Eric T. Parker, Henderson J. Cleaves, Jason P. Dworkin *et al.*, „Primordial synthesis of amines and amino acids in a 1958 Miller H2S-rich spark discharge experiment“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, nr. 14 (aprilie 2011): 5526.
32. Pereții celulelor se pot forma în mod natural din substanțe chimice obişnuite, precum acizii graşi, care au un capăt hidrofil şi unul hidrofob. Relația aceasta cu apa poate determina asemenea molecule să formeze bariere duble, în care capetele hidrofile ale moleculelor sunt orientate spre exterior, iar capetele hidrofobe mențin cei doi pereți laolaltă – un perete celular. Pentru o discuție în contextul scenariului Lumii ARN, vezi G.F. Joyce and J.W. Szostak, „Protocells and RNA Self-Replication“, *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 10, nr. 9 (2018).
33. Diverşi cercetători, între care chimistul Svante Arrhenius, astronomul Fred Hoyle, astrobiologul Chandra Wickramasinghe şi fizicianul Paul Davies, au sugerat că unii meteoriți au purtat germeni deosebit de rezistenți ai vieții, molecule gata sintetizate, capabile să se replice şi să catalizeze reacții. Este o ipoteză fascinantă, care avansează posibilitatea ca roci spațiale purtătoare de viață să fi căzut pe un mare număr de planete pretutindeni în cosmos, dar care nu ne ajută să înțelegem originea vieții, întrucât transferă problema originii asupra acelor germeni.
34. David Deamer, *Assembling Life: How Can Life*

Begin on Earth and Other Habitable Planets? (Oxford: Oxford University Press, 2018).
35. A.G. Cairns-Smith, *Seven Clues to the Origin of Life* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990).
36. W. Martin şi M. J. Russell, „On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367 (2007): 1187.
37. Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 67.
38. Energia purtată de fotonii incidenți e mai concentrată (lungimile lor de undă sunt mai scurte, ei aflându-se în partea vizibilă a spectrului, iar numărul lor e mai mic), şi prin urmare de calitate mai înaltă; energia purtată de fotonii emergenți e mai diluată (lungimile lor de undă sunt mai mari, ei aflându-se în partea infraroşie a spectrului, iar numărul lor e mai mare), şi prin urmare de calitate mai joasă. Utilitatea energiei solare derivă aşadar nu numai din cantitatea masivă de energie furnizată de Soare, ci şi din faptul că ea este de calitate înaltă, având o entropie mult mai scăzută decât căldura pe care o eliberează Pământul înapoi în spațiu. Aşa cum am remarcat, pentru fiecare foton pe care Pământul îl primeşte de la Soare, el radiază înapoi în spațiu două duzini de fotoni. Pentru evaluarea acestui număr, să observăm că fotonii solari sunt emişi dintr-un mediu a cărui temperatură este în jur de 6.000 K (temperatura de la suprafața Soarelui), pe când cei eliberați de Pământ sunt emişi dintr-un mediu a cărui temperatură este de aproximativ 285 K (temperatura de la suprafața Pământului). Energia unui foton e proporțională cu temperatura

(considerând că fotonii sunt un gaz ideal de particule), prin urmare raportul dintre numărul de fotoni absorbiți de Pământ de la Soare şi cei reemişi este dat de raportul dintre cele două temperaturi, 6000 K / 285 K, aproximativ 21, adică aproape două duzini de fotoni.

39. Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 1.
40. Albert Einstein, *Autobiographical Notes* (La Salle, IL: Open Court Publishing, 1979), 3. Pentru o admirabilă tratare modernă a principiilor termodinamicii în contextul sistemelor vii, oferind exemple edificatoare care ilustrează multe dintre conceptele esențiale pe care le invocăm, vezi Philip Nelson, *Biological Physics: Energy, Information, Life* (New York: W. H. Freeman and Co., 2014).
41. J.L. England, „Statistical physics of self-replication“, *Journal of Chemical Physics* 139 (2013): 121923. Nikolay Perunov, Robert A. Marsland şi Jeremy L. England, „Statistical Physics of Adaptation“, *Physical Review X* 6 (June 2016): 021036-1; Tal Kachman, Jeremy A. Owen şi Jeremy L. England, „Self-Organized Resonance During Search of a Diverse Chemical Space“, *Physical Review Letters* 119, nr. 3 (2017): 038001–1. Vezi de asemenea G.E. Crooks, „Entropy production fluctuation theorem and the nonequilibrium work relation for free energy differences“, *Physical Review E* 60 (1999): 2721; şi C. Jarzynski, „Nonequilibrium equality for free energy differences“, *Physical Review Letters* 78 (1997): 2690.
42. England subliniază de asemenea că, deoarece structura fizică a unei entități vii e ordonată nu doar momentan, ci îşi menține ordinea pe

perioade lungi de timp – chiar şi o perioadă după ce moare –, o parte semnificativă a energiei reziduale pe care o produce viața poate fi un produs secundar al construirii unor asemenea structuri stabile. Aşadar, în cazul vieții e posibil ca o contribuție dominantă la pasul în doi entropic să fie legat de formarea structurilor, pe lângă menținerea continuă a homeostaziei. Să observăm de asemenea că, în timp ce sistemele vii trebuie să absoarbă energie de calitate înaltă, acea energie trebuie să fie într-o formă care să nu distrugă organizarea internă a sistemului. Ca ilustrare mecanică, un sunet cu o frecvență adecvată poate face un pahar să vibreze, dar dacă energia transferată e prea mare, paharul se poate sparge. Pentru a evita un rezultat analog, unele grade de libertate într-un sistem disipativ se grupează în configurații care evită rezonanța cu energia venită din mediu. Viața implică un echilibru adecvat între aceste extreme.

5. Particule şi conştiință

1. Albert Camus, *The Myth of Sisyphus*, trad. Justin O'Brien (London: Hamish Hamilton, 1955), 18.
2. Ambrose Bierce, *The Devil's Dictionary* (Mount Vernon, NY: The Peter Pauper Press, 1958), 14.
3. Will Durant, *The Life of Greece*, vol. 2 din *The Story of Civilization* (New York: Simon & Schuster, 2011), 8181–8182, Kindle.
4. Întrucât menționez frecvent ecuațiile matematice care articulează legile fizicii, merită să prezentăm pe scurt versiunile cele mai elaborate ale acestor ecuații. Chiar dacă nu înțelegeți simbolurile, poate fi interesant să vedeți „aspectul“ general al matematicii.

   Ecuațiile de câmp ale lui Einstein din teoria

generală a relativității sunt: $R_{\mu\nu} - ½\ g_{\mu\nu}\ R + \Lambda g_{\mu\nu} = (8\pi G/c^4)\ T_{\mu\nu}$, unde membrul stâng descrie curbura spațiului-timp, precum şi constanta cosmologică Λ, iar membrul drept descrie masa şi energia care sunt sursa curburii (sursa câmpului gravitațional). În această expresie (şi în cele care urmează) indicii greceşti iau valori de la 0 la 3, reprezentând cele patru coordonate spațio-temporale.

Ecuațiile lui Maxwell ale electromagnetismului sunt $\partial^{\alpha}F_{\alpha ß} = \mu_0 J_{ß}$ şi $\partial_{[\alpha}F_{\rho\sigma]} = 0$, unde membrii din stânga ai acestor ecuații descriu câmpurile electric şi magnetic, iar membrii din dreapta descriu sarcinile electrice care dau naştere acestor câmpuri.

Ecuațiile pentru forțele nucleare tare şi slabă sunt generalizări ale ecuațiilor lui Maxwell. Caracteristica nouă esențială este că, în vreme ce în teoria lui Maxwell putem scrie „tăria câmpului“ $F_{\alpha ß} = \partial_{\alpha}A_{ß} - \partial_{ß}A_{\alpha}$ în funcție de A_{α}, numit „potențial vectorial“, în cazul forțelor nucleare există un set de tării ale câmpului $Fa_{\alpha\beta}$, precum şi un set de potențiale vectoriale $A^{a}{}_{\alpha}$, care sunt legate între ele prin ecuația $F^{a}{}_{\alpha\beta} = \partial_{\alpha}\ A^{a}{}_{\beta} - \partial_{ß}\ A^{a}{}_{\alpha} + gf^{abc}\ A^{b}{}_{\alpha}\ A^{c}{}_{\beta}$. Indicii latini parcurg generatorii algebrelor Lie su(2) în cazul forței nucleare slabe şi su(3) în cazul forței nucleare tari, iar f^{abc} sunt constantele de structură ale acestor algebre.

Ecuația lui Schrödinger a mecanicii cuantice este $i\hbar(\partial\Psi/\partial t) = H\Psi$, unde H este hamiltonianul, iar Ψ este funcția de undă, al cărei modul (normat în mod adecvat) ridicat la pătrat furnizează probabilitățile cuantice. Unificarea mecanicii cuantice cu forțele electromagnetică şi nucleare

tare şi slabă, incluzând de asemenea particulele materiale cunoscute şi particula Higgs, constituie Modelul Standard al fizicii particulelor. De regulă, Modelul Standard este exprimat într-un formalism echivalent, dar distinct, numit al integralelor de drum (o abordare inițiată de fizicianul Richard Feynman). Unificarea mecanicii cuantice cu relativitatea generală e o temă de cercetare avansată în plină desfăşurare.

5. Augustine, *Confessions*, trad. F.J. Sheed (Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2006), 197.
6. Thomas Aquinas, *Questiones Disputatae de Veritate*, questions 10–20, trad. James V. McGlynn, S.J. (Chicago: Henry Regnery Company, 1953). https:// dhspriory .org/ thomas/ QDdeVer10 .htm #8.
7. William Shakespeare, *Measure for Measure*, ed. J.M. Nosworthy (London: Penguin Books, 1995), 84.
8. Gottfried Leibniz, scrisoare către Christian Goldbach, 17 aprilie 1712.
9. Otto Loewi, „Λn Autobiographical Sketch“, *Perspectives in Biology and Medicine* 4, nr. 1 (toamna 1960): 3–25. Loewi a consemnat incorect că visul a avut loc în duminica Paştelui a anului 1920, deşi anul a fost 1921.
10. Pentru o istorie detaliată, vezi Henri Ellenberger, *The Discovery of the Unconscious* (New York: Basic Books, 1970).
11. Peter Halligan şi John Marshall, „Blindsight and insight in visuo-spatial neglect“, *Nature* 336, nr. 6201 (decembrie 22–29, 1988): 766–767.
12. Vinovatul a fost James Vicary, care în 1957 a afirmat că instantanee subliminale care încurajau spectatorii să mănânce popcorn şi să bea Coca-

Cola au dus la creşteri semnificative ale vânzărilor ambelor produse. Ulterior, Vicary a admis că afirmațiile sale au fost neîntemeiate.

13. Cercetătorii au stabilit capacitatea unei mari diversități de stimuli subliminali de a influența activitățile conştiente. În acest paragraf descriu un exemplu, influențele subliminale asupra unor determinări numerice simple. Dar influențe subliminale similare au fost demonstrate pentru recunoaşterea cuvintelor – vezi, de exemplu, Anthony J. Marcel, „Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition“, *Cognitive Psychology* 15 (1983): 197–237 – precum şi pentru percepția şi evaluarea unui spectru larg de imagini şi obiecte.
14. L. Naccache şi S. Dehaene, „The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes“, *Cerebral Cortex* 11, nr. 10 (2001): 966–974; L. Naccache şi S. Dehaene, „Unconscious Semantic Priming Extends to Novel Unseen Stimuli“, *Cognition* 80, nr. 3 (2001): 215–229. Să observăm că în aceste experimente stimulul inițial devine subliminal în urma unei proceduri de *mascare* în care forme geometrice sunt arătate înainte şi după stimul. Pentru o trecere în revistă, vezi Stanislas Dehaene and Jean-Pierre Changeux, „Experimental and Theoretical Λpproaches to Conscious Processing“, *Neuron* 70, nr. 2 (2011): 200–227, and Stanislas Dehaene, *Consciousness and the Brain* (New York: Penguin Books, 2014).
15. Isaac Newton, scrisoare către Henry Oldenburg, 6 februarie 1671. http:// www .newtonproject .ox .ac .uk/ view/ texts/ normalized/ NATP00003.
16. Filozofi, psihologi, mistici şi tot felul de alți

gânditori au adoptat diverse definiții ale conştiinței. În funcție de context, unele pot fi mai utile decât abordarea noastră, altele mai puțin. Ne concentrăm aici asupra „problemei dificile“, iar în acest scop descrierea oferită în cadrul capitolului ne va fi utilă.

17. Referirea mea aici la protoni, neutroni şi electroni e o exprimare prescurtată pentru starea creierului articulată în termenii celor mai fine ingrediente ale naturii, indiferent care se vor dovedi a fi acestea (particule, câmpuri, corzi etc.).
18. Thomas Nagel, „What Is It Like to Be a Bat?“ *Philosophical Review* 83, nr. 4 (1974): 435–450.
19. Când vorbesc despre înțelegerea uraganelor sau a vulcanilor – sau a oricăror alte corpuri macroscopice – în termenii particulelor fundamentale, o fac dintr-o perspectivă „în principiu“. Aşa cum a subliniat insistent teoria haosului, diferențe infime în condițiile inițiale ale unui ansamblu de particule vor produce diferențe enorme în viitoarea configurație a particulelor, ceea ce adevărat chiar şi pentru ansambluri mici. În practică, acest fapt are o influență semnificativă asupra tipurilor de predicții pe care le putem face, dar nu presupune nici un mister. Teoria haosului oferă un set semnificativ şi profund de idei, dar nu a fost dezvoltată pentru a umple o lacună percepută în înțelegerea legilor fizice de bază. Când e vorba de conştiință însă, problema ridicată în cadrul capitolului – cum pot particule lipsite de minte să producă senzații mentale? – a sugerat unor cercetători existența unei lacune de natură mai profundă. Ei au arătat că senzațiile mentale nu pot să apară din ansambluri mari de particule, indiferent cum ar fi

coordonate mişcările acelor particule.

20. Frank Jackson, „Epiphenomenal Qualia“, *Philosophical Quarterly* 32 (1982): 127–136.
21. Daniel Dennett, *Consciousness Explained* (Boston: Little, Brown and Co., 1991), 399–401.
22. David Lewis, „What Experience Teaches“, *Proceedings of the Russellian Society* 13 (1988): 29–57. Retipărit în David Lewis, *Papers in Metaphysics and Epistemology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1999): 262–90, care dezvoltă idei anterioare din Laurence Nemirow, „Review of Nagel's Mortal Questions“, *Philosophical Review* 89 (1980): 473–477.
23. Laurence Nemirow, „Physicalism and the cognitive role of acquaintance“, în *Mind and Cognition*, ed. W. Lycan (Oxford: Blackwell, 1990), 490–499.
24. Frank Jackson, „Postscript on Qualia“, în *Mind, Method, and Conditionals, Selected Essays* (London: Routledge, 1998), 76–79.
25. În articolul său din 1995, Chalmers discută deopotrivă vitalismul şi electromagnetismul ca referințe utile atunci când reflectăm asupra problemei dificile. Trăsătura distinctivă esențială a problemei dificile, aşa cum a definit-o Chalmers, este că ea abordează în mod necesar calități subiective ale experienței şi ca atare, susține el, nu poate fi rezolvată printr-o cunoaştere mai rafinată a funcțiilor obiective ale creierului. În secțiunea aceasta consider util să încadrez problema într-un mod oarecum diferit, punând în contrast chestiunile deschise pe care ştiința le poate rezolva, cel puțin în principiu, folosind paradigma sa actualmente în vigoare (care defineşte arena în care se desfăşoară realitatea aşa cum o cunoaştem) şi chestiunile

deschise pentru care această paradigmă se poate dovedi inadecvată. În acest cadru, o problemă e dificilă dacă rezolvarea ei necesită schimbarea fundamentală a abordării existente pentru descrierea lumii (în cazul electricității şi al magnetismului, oamenii de ştiință au trebuit să introducă însuşiri fundamental noi – câmpuri electrice şi magnetice care umplu spațiul şi sarcini electrice). Cu referire la poziția lui Chalmers, conform căreia problema dificilă nu poate fi rezolvată folosind doar ingredientele materiale aflate în centrul descrierilor fizice fundamentale ale realității, cadrul pe care-l introduc eu, deşi diferit, surprinde o parte esențială a problemei. Să observăm de asemenea că, potrivit lui Chalmers, motivul dispariției treptate a vitalismului e că întrebarea pe care a pus accent *s-a referit* la funcții obiective: Cum pot ingredientele fizice să îndeplinească funcțiile obiective ale vieții? Pe măsură ce ştiința a înțeles mai bine capacitățile funcționale ale ingredientelor fizice (molecule biochimice etc.), enigma pe care a încercat s-o abordeze vitalismul s-a diminuat. Potrivit lui Chalmers, acest progres nu se va repeta cu problema dificilă. Fizicaliştii nu împărtăşesc această idee şi anticipează că progresele în înțelegerea funcționării creierului ne vor permite să înțelegem experiența subiectivă. Pentru mai mult amănunte, vezi David Chalmers, „Facing Up to the Problem of Consciousness“, *Journal of Consciousness Studies* 2, nr. 3 (1995): 200–219, şi David Chalmers, *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 125.

26. În literatura clinică există nenumărate cazuri în

care extirparea anumitor secțiuni ale creierului are ca rezultat pierderea unor funcții cerebrale bine definite. Un asemenea caz îmi e foarte familiar. După o intervenție chirurgicală pentru eliminarea unei tumori maligne, Tracy, soția mea, şi-a pierdut temporar capacitatea de a numi o gamă largă de substantive comune. După cum se exprimă ea, a fost ca şi cum chirurgia i-ar fi excizat baza de date în care fusese stocată cunoaşterea numelor diverselor obiecte. Ea putea să invoce imaginea mentală a acestor obiecte, de pildă o pereche de pantofi roşii, dar era incapabilă să numească imaginea din mintea ei.

27. Giulio Tononi, *Phi: A Voyage from the Brain to the Soul* (New York: Pantheon, 2012); Christof Koch, *Consciousness: Confessions of a Romantic Reductionist* (Cambridge, MA: MIT Press, 2012); Masafumi Oizumi, Larissa Albantakis şi Giulio Tononi, „From the Phenomenology to the Mechanisms of Consciousness: Integrated Information Theory 3.0“, *PLoS Computational Biology* 10, nr. 5 (mai 2014).
28. Scott Aaronson, „Why I Am Not an Integrated Information Theorist (or, The Unconscious Expander) “, *Shtetl-Optimized.* https:// www .scottaaronson .com/ blog/ ?p = 1799.
29. Michael Graziano, *Consciousness and the Social Brain* (New York: Oxford University Press, 2013); Taylor Webb şi Michael Graziano, „The attention schema theory: A mechanistic account of subjective awareness“, *Frontiers in Psychology* 6 (2015): 500.
30. Percepția umană a culorilor e mai complexă decât sugerează scurta mea descriere. Ochii noştri au receptori sensibili pe anumite intervale de frecvențe ale luminii. Unii sunt mai sensibili la

cele mai înalte frecvențe vizibile, alții la cele mai joase, iar unii la frecvențe intermediare. Culorile percepute de creier rezultă dintr-o combinație a răspunsurilor diverşilor receptori.

31. La fel ca în nota precedentă, aceasta e o simplificare, deoarece „roşu“ este modul cum interpretează creierul un amestec de răspunsuri la diversele frecvențe primite de receptorii săi vizuali. Descrierea simplificată exprimă totuşi aspectul esențial: senzația noastră de culoare e o reprezentare utilă, dar grosieră, a datelor fizice transmise ochilor noştri prin intermediul undelor electromagnetice.
32. David Premack şi Guy Woodruff, „Does the chimpanzee have a theory of mind?“, *Cognition and Consciousness in Nonhuman Species*, număr special al *Behavioral and Brain Sciences* 1, nr. 4 (1978): 515–526.
33. Daniel Dennett, *The Intentional Stance* (Cambridge, MA: MIT Press, 1989).
34. Vezi, de exemplu, modelul lui Dennett al schițelor multiple în Daniel Dennett, *Consciousness Explained* (Boston: Little, Brown & Co., 1991), teoria lui Baars a spațiului de lucru global în Bernard J. Baars, *In the Theater of Consciousness* (New York: Oxford University Press, 1997) şi teoria reducției orchestrate a lui Hameroff şi Penrose în Stuart Hameroff şi Roger Penrose, „Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory“, *Physics of Life Reviews* 11 (2014): 39–78.
35. Deşi întreaga mecanică cuantică poate fi construită pornind de la ecuația lui Schrödinger, în deceniile care au trecut de la introducerea teoriei, mulți fizicieni au dezvoltat considerabil formalismul. Predicția reuşită la care mă refer

rezultă din calcule într-un domeniu al fizicii cuantice numit electrodinamică cuantică, care combină mecanica cuantică cu teoria lui Maxwell a electromagnetismului.

36. Un alt mod de a exprima aceasta e că potrivit mecanicii cuantice electronul, înainte de a fi măsurat, nu are o poziție în sensul convențional al termenului.

37. Aşa cum am menționat în nota 5 de la capitolul 3, există o versiune a mecanicii cuantice în care particulele au traiectorii precis definite, oferind astfel o posibilă soluție a problemei măsurătorii cuantice. În prezent, abordarea aceasta, numită mecanică bohmiană sau mecanică de Broglie–Bohm, e studiată doar de un mic grup de cercetători din lumea întreagă. Deşi e un candidat slab cotat, eu n-aş elimina mecanica bohmiană ca o abordare care în viitor s-ar putea să devină perspectiva dominantă. O altă abordare a problemei măsurătorii cuantice e interpretarea lumilor multiple, în care toate rezultatele posibile permise de evoluția mecanicii cuantice sunt realizate la o măsurătoare. O a treia propunere, teoria Ghirardi–Rimini–Weber (GRW), introduce un proces fizic nou şi fundamental care, rar, dar în mod aleatoriu, produce colapsul undei de probabilitate a unei particule individuale. Pentru ansambluri mici de particule, procesul survine prea rar pentru a influența rezultatele unor experimente cuantice reuşite. Dar, pentru ansambluri mari, procesul survine mult mai rapid, creând un efect de domino care selectează un singur rezultat ce se va realiza în lumea macroscopică. Pentru mai multe detalii, vezi, de exemplu, *The Fabric of the Cosmos*, capitolul 7.

38. Fritz London şi Edmond Bauer, *La théorie de*

l'observation en mécanique quantique, nr. 775 of *Actualités scientifiques et industrielles; Exposés de physique générale, publiés sous la direction de Paul Langevin* (Paris: Hermann, 1939), tradus în John Archibald Wheeler şi Wojciech Zurek, *Quantum Theory and Measurement* (Princeton: Princeton University Press, 1983), 220.

39. Eugene Wigner, *Symmetries and Reflections* (Cambridge, MA: MIT Press, 1970).

40. Aristotel considera o acțiune „voluntară" dacă pornea de la un anumit agent şi rezulta din deliberările acelui agent – perspectivă care, cu rafinări substanțiale, a avut o influență semnificativă. Vezi Aristotel, *Nicomachean Ethics*, trad. C.D.C. Reeve (Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2014), 35–41. Aristotel nu includea legile deterministe ale fizicii între forțele externe capabile să facă o acțiune involuntară, dar aceia (inclusiv eu) care iau în considerare asemenea influențe fundamentale, deşi impersonale, cred că noțiunea lui de „voluntar" nu se aliniază cu intuiția lor privind liberul-arbitru.

41. La fel ca în nota 17 din acest capitol, când mă refer la particulele care constituie un obiect macroscopic recurg la o exprimare prescurtată pentru starea fizică completă a obiectului. Clasic, starea aceasta e dată de pozițiile şi vitezele constituenților fundamentali ai obiectului. Cuantic, starea e dată de funcția de undă care descrie constituenții obiectului. Având în vedere accentul pus de mine pe particule, poate vă întrebați cum stau lucrurile în privința câmpurilor. Aşa cum cititorul cu pregătire tehnică ştie, din teoria cuantică a câmpurilor aflăm că influența unui câmp e transmisă de particule (de

pildă, influența câmpului electromagnetic e transmisă de fotoni); mai mult, teoria cuantică a câmpurilor arată şi că un câmp macroscopic poate fi descris matematic ca o anumită configurație de particule – o aşa-numită *stare coerentă* a particulelor. Referirea mea la „particule“ e menită deci să includă şi câmpurile. Cititorul avizat va observa de asemenea că anumite caracteristici cuantice, cum ar fi corelația cuantică, pot face ca starea unui obiect să fie o noțiune mai subtilă în cadrul cuantic decât în cel clasic. În cea mai mare parte a discuției vom putea ignora asemenea subtilități; în mod fundamental, vom avea nevoie doar de evoluția legică şi unitară a lumii fizice.

42. Mai precis, probabilitatea ca particulele pietrei să conspire pentru a sări de pe bancă e atât de mică, încât la scările de timp de interes posibilitatea statistică de a fi salvat de o piatră poate fi ignorată.

43. Literatura filozofică conține multe propuneri compatibiliste. Dintre acestea, abordarea pe care o prezint se apropie cel mai mult de aceea propusă şi dezvoltată de Daniel Dennett în *Freedom Evolves* (New York: Penguin Books, 2003) şi în *Elbow Room* (Cambridge, MA: MIT Press, 1984), la care îl trimit pe cititor pentru o discuție mai aprofundată. Am reflectat asupra acestor idei de când am fost îndemnat prima oară să mă gândesc la ele, cu decenii în urmă, de Luise Vosgerchian, unul dintre profesorii mei cei mai influenți. Vosgerchian, care a fost profesoară de muzică la Harvard, era profund interesată de legătura dintre descoperirile ştiințifice şi sensibilitățile estetice, şi mi-a cerut să scriu despre libertatea şi creativitatea umană din

punctul de vedere al fizicii moderne.

44. Inteligența artificială şi învățarea automată pun şi mai bine în evidență acest aspect. Cercetătorii au dezvoltat algoritmi pentru jocuri precum şahul sau Go, care se pot actualiza singure pe baza analizei succesului sau eşecului mişcărilor anterioare. În interiorul calculatorului care adăposteşte un asemenea algoritm nu există decât particule care se mişcă într-o direcție sau alta sub controlul deplin al legii fizice. Şi totuşi algoritmul se îmbunătățeşte. Algoritmul învață. Mutările sale devin creatoare. Atât de creatoare, încât în numai câteva ore de asemenea actualizare internă, sistemele cele mai rafinate pot progresa de la nivelul unui începător la triumful asupra unor maeştri de clasă mondială. Vezi David Silver, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser *et al.*, „A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play“, *Science* 362 (2018): 1140–1144.

45. Problema aici este că, dacă „eu“ sunt configurația mea de particule, atunci când acea configurație se schimbă, în modul de aranjare şi în compoziție, mai sunt oare eu? Este o versiune a unei alte probleme celebre din filozofie – identitatea personală în timp – şi ca atare a generat o gamă largă de opinii şi reacții. Înclin către abordarea lui Robert Nozick în care, pentru a folosi un limbaj oarecum tehnic, identificăm eul meu viitor prin minimizarea unei funcții de distanță pe spațiul candidaților pentru acel rol, căutând persoana care „continuă cel mai îndeaproape“ existența mea până în acel moment. Specificarea funcției de distanță este desigur esențială, iar Nozick observă că doi oameni care accentuează diferit aspectele definitorii ale

personalității pot face alegeri diferite. În multe cazuri, noțiunea intuitivă despre cine „continuă cel mai îndeaproape“ propria mea persoană e adecvată, dar se pot construi exemple artificiale, însă paradoxale. De pildă, să ne imaginăm o defecțiune a transportorului care produce două copii ale mele la o destinație țintă. Care din ansamblurile de particule este „adevăratul“ eu? În acest caz, Nozick sugerează că, în lipsa unui cel mai apropiat continuator unic, s-ar putea ca eu să nu mai exist. Totuşi, deoarece eu accept minimizări non-unice ale funcțiilor de distanță, din perspectiva mea ambele copii sunt eu însumi. Pentru noțiunea de „eu“ folosită în acest capitol, noțiunea intuitivă de identitate personală coincide cu noțiunea lui Nozick, deoarece diversele ansambluri de particule pe care le-am numi în mod intuitiv, să zicem, „Brian Greene“ de-a lungul vieții mele, sunt într-adevăr continuatorii cei mai apropiați. Vezi Robert Nozick, *Philosophical Explanations* (Cambridge, MA: Belknap Press, 1983), 29–70.

46. O întrebare ce decurge din această discuție este dacă trebuie să suportăm consecințele unor comportamente pe care concetățenii sau societatea le consideră inacceptabile. Filozofii au dezbătut îndelung întrebări aflate la intersecția dintre liberul-arbitru, responsabilitatea morală şi rolul pedepsei. Problemele sunt complexe şi spinoase. Pe scurt, iată punctul meu de vedere: Din aceleaşi motive expuse în capitol, acțiunile noastre – bune sau rele – sunt responsabilitatea noastră, chiar şi în absența liberului-arbitru. Noi suntem particulele noastre, iar dacă particulele noastre au făcut ceva greşit, noi am făcut ceva greşit. Adevărata problemă, aşadar, este care

trebuie să fie consecințele? Lăsând deoparte faptul că nici consecințele acțiunilor nu sunt liber-voite, se pune întrebarea dacă trebuie să fim pedepsiți. Singurul răspuns care mi se pare coerent, sau mai bine zis singurul început de răspuns care mi se pare coerent, este că pedeapsa trebuie să se bazeze pe capacitatea sa de a proteja interesele societății, inclusiv descurajarea unor viitoare cazuri de comportament inacceptabil. Din nou, liberul-arbitru e compatibil cu învățarea; Roomba învață, la fel şi oamenii. Experiențele de azi sunt legate cauzal de acțiunile de mâine. Prin urmare, dacă pedeapsa împiedică sau descurajează o persoană sau alta să comită în viitor acțiuni inacceptabile, atunci prin pedeapsă am îndreptat societatea către un rezultat mai satisfăcător. Considerente similare sunt relevante pentru „cazurile test“ deseori invocate în aceste discuții, în care comportamente inacceptabile sunt datorate unor circumstanțe atenuante (tumori cerebrale, constrângere, schizofrenie, implanturi neurale controlate de extratereştri mârşavi etc.) care ar părea să-l exonereze pe făptaş de responsabilitate. Concluzia care decurge din cele de mai sus şi din capitol este că aceşti indivizi *sunt* responsabili pentru acțiunile lor. Particulele lor *au făcut* lucruri inacceptabile. Iar ei sunt particulele lor. Totuşi, în funcție de detaliile precise ale fiecărei situații în parte, datorită circumstanțelor atenuante, s-ar putea ca pedeapsa să nu aibă nici un beneficiu. Dacă comportamentul inacceptabil s-a datorat unei tumori cerebrale, probabil că pedeapsa nu va descuraja un comportament similar provocat de circumstanțe similare în viitor. Iar dacă tumoarea poate fi eliminată, persoana în cauză nu va mai

reprezenta o amenințare, prin urmare pedeapsa nu va oferi societății o protecție suplimentară. Pe scurt, pedeapsa trebuie să servească unui scop pragmatic.

6. Limbaj şi narațiune

1. Alice Calaprice, ed., *The New Quotable Einstein* (Princeton: Princeton University Press, 2005), 149.
2. Max Wertheimer, *Productive Thinking*, ed. adăugită (New York: Harper and Brothers, 1959), 228.
3. Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus* (New York: Harcourt, Brace & Company, 1922), 149.
4. Toni Morrison, discurs la decernarea Premiului Nobel, 7 decembrie 1993. https:// www.nobelprize.org/ prizes/ literature/ 1993/ morrison/ lecture/.
5. „Omul primordial, sau mai degrabă un precursor timpuriu al omului, probabil că şi-a folosit pentru prima oară vocea pentru a produce cadențe muzicale autentice, adică pentru a cânta“, spunea Darwin; şi adăuga: „Puterea aceasta a fost probabil exercitată mai ales în timpul curtării sexuale – pentru a exprima diverse emoții, precum iubire, gelozie, triumf – şi va fi servit la provocarea rivalilor.“ Charles Darwin, *The Descent of Man* (New York: D. Appleton and Company, 1871), 56.
6. În numărul din aprilie 1869 al *Quarterly Review*, Wallace, referindu-se la forțele care pun în mişcare evoluția – „legile variației, multiplicării şi supraviețuirii“ – susținea că, aşa cum am observat în cadrul capitolului, „trebuie prin urmare să admitem posibilitatea că în dezvoltarea

rasei umane o Inteligență Superioară a călăuzit aceleaşi legi către scopuri mai nobile“. Alfred Russel Wallace, „Sir Charles Lyell on geological climates and the origin of species“, *Quarterly Review* 126 (1869): 359–394.

7. Joel S. Schwartz, „Darwin, Wallace, and the *Descent of Man*“, *Journal of the History of Biology* 17, nr. 2 (1984): 271–289.
8. Charles Darwin, scrisoare către Alfred Russel Wallace, 27 martie 1869. https://www.darwinproject.ac.uk/letter/?docId=letters/DCP-LETT-6684.xml;query=child;brand=default.
9. Dorothy L. Cheney şi Robert M. Seyfarth, *How Monkeys See the World: Inside the Mind of Another Species* (Chicago: University of Chicago Press, 1992). O înregistrare a acestor strigăte de alarmă poate fi ascultată pe pagina de web a BBC: https://www.bbc.co.uk/sounds/play/p016dgw1.
10. Bertrand Russell, *Human Knowledge* (New York: Routledge, 2009), 57–58.
11. R. Berwick şi N. Chomsky, *Why Only Us?* (Cambridge, MA: MIT Press, 2015). Deşi unii s-au întrebat dacă necesitatea acestei teorii pentru o schimbare biologică relativ rapidă nu intră în conflict cu modul cum înțelegem evoluția, Chomsky a susținut că ea se încadrează perfect în perspectiva neodarwinistă modernă care acceptă episoade biologice, precum formarea ochiului, care se abat de la concepția tradițională că întreaga evoluție decurge lent şi treptat.
12. S. Pinker şi P. Bloom, „Natural language and natural selection“, *Behavioral and Brain Sciences* 13, nr. 4 (1990): 707–784; Steven Pinker, *The Language Instinct* (New York: W. Morrow and

Co., 1994); Steven Pinker, „Language as an adaptation to the cognitive niche“, în *Language Evolution: States of the Art*, ed. S. Kirby şi M. Christiansen (New York: Oxford University Press, 2003), 16–37.

13. De exemplu, lingvistul şi psihologul Michael Tomasello observa: „Cu siguranță, toate limbile lumii au lucruri în comun […]. Dar aceste trăsături comune nu provin din vreo gramatică universală, ci din aspecte universale ale cogniției umane, interacțiunii sociale şi procesării informației – dintre care multe existau în ființele umane mult înainte să fi apărut ceva asemănător limbajelor moderne.“ Michael Tomasello, „Universal Grammar Is Dead“, *Behavioral and Brain Sciences* 32, nr. 5 (octombrie 2009): 470–471.
14. Simon E. Fisher, Faraneh Vargha-Khadem, Kate E. Watkins, Anthony P. Monaco şi Marcus E. Pembrey, „Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder“, *Nature Genetics* 18 (1998): 168–70. C.S.L. Lai *et al.*, „A novel forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder“, *Nature* 413 (2001): 519–523.
15. Johannes Krause, Carles Lalueza-Fox, Ludovic Orlando *et al.*, „The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans Was Shared with Neandertals“, *Current Biology* 17 (2007): 1908–1912.
16. Fernando L. Mendez *et al.*, „The Divergence of Neandertal and Modern Human Y Chromosomes“, *American Journal of Human Genetics* 98, nr. 4 (2016): 728–734.
17. Guy Deutscher, *The Unfolding of Language: An Evolutionary Tour of Mankind's Greatest Invention* (New York: Henry Holt and Company,

2005), 15.

18. Dean Falk, „Prelinguistic evolution in early hominins: Whence motherese?“ *Behavioral and Brain Sciences* 27 (2004): 491–541; Dean Falk, *Finding Our Tongues: Mothers, Infants and the Origins of Language* (New York: Basic Books, 2009).
19. R.I.M. Dunbar, „Gossip in Evolutionary Perspective“, *Review of General Psychology* 8, nr. 2 (2004): 100–110; Robin Dunbar, *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1997).
20. N. Emler, „The Truth About Gossip“, *Social Psychology Section Newsletter* 27 (1992): 23–37; R.I.M. Dunbar, N.D.C. Duncan şi A. Marriott, „Human Conversational Behavior“, *Human Nature* 8, nr. 3 (1997): 231–246.
21. Daniel Dor, *The Instruction of Imagination* (Oxford: Oxford University Press, 2015).
22. Pentru rolul focului şi al gătitului hranei, vezi Richard Wrangha, *Catching Fire: How Cooking Made Us Human* (New York: Basic Books; 2009); pentru îngrijirea în comun a copiilor, vezi Sarah Hrdy, *Mothers and Others: The Evolutionary Origins of Mutual Understanding* (Cambridge, MA: Belknap Press, 2009); pentru învățare şi cooperare, vezi Kim Sterelny, *The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique* (Cambridge, MA: MIT Press, 2012).
23. R. Berwick şi N. Chomsky, *Why Only Us?* (Cambridge, MA: MIT Press, 2015), capitolul 2.
24. David Damrosch, *The Buried Book: The Loss and Rediscovery of the Great Epic of Gilgamesh* (New York: Henry Holt and Company, 2007).

25. Andrew George, trad., *The Epic of Gilgamesh: The Babylonian Epic Poem and Other Texts in Akkadian and Sumerian* (London: Penguin Classics, 2003).
26. Pentru o introducere în perspectiva şi principiile psihologiei evoluționiste, vezi John Tooby şi Leda Cosmides, „The Psychological Foundations of Culture“, în *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, ed. Jerome H. Barkow, Leda Cosmides şi John Tooby (Oxford: Oxford University Press, 1992), 19–136; David Buss, *Evolutionary Psychology: The New Science of the Mind* (Boston: Allyn & Bacon, 2012).
27. S.J. Gould and R.C. Lewontin, „The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme“, *Proceedings of the Royal Society B* 205, nr. 1161 (21 septembrie 1979): 581–598.
28. Steven Pinker, *How the Mind Works* (New York: W. W. Norton, 1997), 530; Brian Boyd, *On the Origin of Stories* (Cambridge, MA: Belknap Press, 2010); Brian Boyd, „The evolution of stories: from mimesis to language, from fact to fiction“, *WIREs Cognitive Science* 9 (2018): e1444.
29. Patrick Colm Hogan, *The Mind and Its Stories* (Cambridge: Cambridge University Press, 2003); Lisa Zunshine, *Why We Read Fiction: Theory of Mind and the Novel* (Columbus: Ohio State University Press, 2006).
30. Jonathan Gottschall, *The Storytelling Animal* (Boston and New York: Mariner Books, Houghton Mifflin Harcourt, 2013), 63.
31. Keith Oatley, „Why fiction may be twice as true as fact“, *Review of General Psychology* 3 (1999):

101–117.

32. Pentru o expunere pasionantă a lucrării lui Jouvet, vezi Barbara E. Jones, „The mysteries of sleep and waking unveiled by Michel Jouvet“, *Sleep Medicine* 49 (2018): 14–19; Isabelle Arnulf, Colette Buda şi Jean-Pierre Sastre, „Michel Jouvet: An explorer of dreams and a great storyteller“, *Sleep Medicine* 49 (2018): 4–9.
33. Kenway Louie şi Matthew A. Wilson, „Temporally Structured Replay of Awake Hippocampal Ensemble Activity During Rapid Eye Movement Sleep“, *Neuron* 29 (2001): 145–156.
34. Narațiunile stranii pe care le asociem adesea cu visele – încălcarea legilor fizicii, a succesiunii logice şi a coerenței interne – ar putea sugera că actul visării e puțin relevant pentru întâmplările din lumea reală. Totuşi, e posibil ca asemenea vise bizare să aibă o pondere mult mai redusă decât sugerează evaluările anecdotice, şi o fracțiune semnificativă a viselor să aibă un conținut realist. Antti Revonsuo, Jarno Tuominen şi Katja Valli, „The Avatars in the Machine–Dreaming as a Simulation of Social Reality“, *Open MIND* (2015): 1–28; Serena Scarpelli, Chiara Bartolacci, Aurora D'Atri *et al.*, „The Functional Role of Dreaming in Emotional Processes“, *Frontiers in Psychology* 10 (martie 2019): 459.
35. Alfred North Whitehead, *Science and the Modern World* (New York: Free Press, 1953), 10.
36. Joyce Carol Oates, „Literature as Pleasure, Pleasure as Literature“, *Narrative.* https://www.narrativemagazine.com/issues/stories-week-2015-2016/story-week/literature-pleasure-pleasure-literature-joyce-carol-oates.

37. Jerome Bruner, „The Narrative Construction of Reality“, *Critical Inquiry* 18, nr. 1 (toamna 1991): 1–21.
38. Jerome Bruner, *Making Stories: Law, Literature, Life* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002), 16.
39. Brian Boyd, „The evolution of stories: from mimesis to language, from fact to fiction“, *WIREs Cognitive Science* 9 (2018): 7–8, e1444.
40. John Tooby şi Leda Cosmides, „Does Beauty Build Adapted Minds? Toward an Evolutionary Theory of Aesthetics, Fiction and the Arts“, *SubStance* 30, 1/2, numărul 94/95 (2001): 6–27.
41. Ernest Becker, *The Denial of Death* (New York: Free Press, 1973), 97.
42. Joseph Campbell, *The Hero with a Thousand Faces* (Novato, CA: New World Library, 2008), 23.
43. Michael Witzel, *The Origins of the World's Mythologies* (New York: Oxford University Press, 2012).
44. Karen Armstrong, *A Short History of Myth* (Melbourne: The Text Publishing Company, 2005), 3.
45. Marguerite Yourcenar, *Oriental Tales* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 1985).
46. Scott Leonard şi Michael McClure, *Myth and Knowing* (New York: McGraw-Hill Higher Education, 2004), 283–301.
47. Michael Witzel, *The Origins of the World's Mythologies* (New York: Oxford University Press, 2012), 79.
48. Dan Sperber, *Rethinking Symbolism* (Cambridge: Cambridge University Press, 1975); Dan Sperber, *Explaining Culture: A Naturalistic Approach* (Oxford: Blackwell Publishers Ltd.,

1996).

49. Pascal Boyer, „Functional Origins of Religious Concepts: Ontological and Strategic Selection in Evolved Minds“, *Journal of the Royal Anthropological Institute* 6, nr. 2 (iunie 2000): 195–214. Vezi şi M. Zuckerman, „Sensation seeking: A comparative approach to a human trait“, *Behavioral and Brain Sciences* 7 (1984): 413–471.
50. Bertrand Russell a subliniat rolul limbajului în încurajarea gândirii, observând că „limbajul serveşte nu doar pentru exprimarea gândurilor, ci şi pentru a face posibile gânduri care în lipsa lui n-ar putea exista“ (Bertrand Russell, *Human Knowledge* [New York: Routledge, 2009], 58). El a arătat că anumite „gânduri suficient de elaborate“ necesită cuvinte, iar ca exemplu observă aparenta imposibilitate ca, fără limbaj, să putem avea „un gând care să corespundă cât de cât conținutului propoziției «raportul dintre circumferința unui cerc şi diametrul său este aproximativ 3,14159»“. Constructe mai puțin precise, dar aflate dincolo de limitele experienței, precum arbori vorbitori, nori care plâng sau pietricele fericite, se pretează şi la încarnări fără cuvinte în mintea omenească, dar natura combinatorie şi ierarhică a limbajului e în mod special adecvată pentru crearea lor. Daniel Dennett a subliniat rolul limbajului în capacitatea umană de a inventa uniuni de însuşiri care în mod individual există în realitate, dar în combinație ne duc pe tărâmul fantasticului. (Daniel Dennett, *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon* [New York: Penguin Publishing Group, 2006], 121). Aşa cum vom vedea în capitolul 8, anumite tipuri de artă sunt deosebit

de eficiente în a facilita fluxul ideilor în sens opus: de la gânduri articulate în cuvinte spre sentimente existențiale care nu au nevoie de limbaj.

51. Justin L. Barrett, *Why Would Anyone Believe in God?* (Lanham, MD: AltaMira, 2004); Stewart Guthrie, *Faces in the Clouds: A New Theory of Religion* (New York: Oxford University Press, 1993).

7. Creierul şi credința

1. Săpăturile la Qafzeh au început în 1934, la inițiativa arheologului francez René Neuville, şi au fost continuate de o echipă condusă de antropologul Bernard Vandermeersch. Amenajarea mormintelor de la Qafzeh 11, spunea Vandermeersch, „atestă o ofrandă funerară şi nu o încorporare accidentală. Toate aceste observații susțin cu tările interpretarea unei înmormântări ceremoniale, deliberate“. Vezi Hélène Coqueugniot *et al.*, „Earliest cranio-encephalic trauma from the Levantine Middle Palaeolithic: 3D reappraisal of the Qafzeh 11 skull, consequences of pediatric brain damage on individual life condition and social care“, *PloS One* 9 (23 iulie 2014): 7 e102822.
2. Erik Trinkaus, Alexandra Buzhilova, Maria Mednikova şi Maria Dobrovolskaya, *The People of Sunghir: Burials, Bodies and Behavior in the Earlier Upper Paleolithic* (New York: Oxford University Press, 2014).
3. Edward Burnett Tylor, *Primitive Culture*, vol. 2 (London: John Murray 1873; Dover Reprint Edition, 2016), 24.
4. Mathias Georg Guenther, *Tricksters and Trancers: Bushman Religion and Society*

(Bloomington, IN: Indiana University Press, 1999), 180–198.

5. Peter J. Ucko şi Andrée Rosenfeld, *Paleolithic Cave Art* (New York: McGraw-Hill, 1967), 117–123, 165–174.
6. David Lewis-Williams, *The Mind in the Cave: Consciousness and the Origins of Art* (New York: Thames & Hudson, 2002), 11. Deşi multe lucrări au fost create pe suprafețe mai accesibile, existența unui număr substanțial care au prezentat mari dificultăți de execuție face ca perspectiva aceasta să fie relevantă.
7. Salomon Reinach, *Cults, Myths and Religions*, trad. Elizabeth Frost (London: David Nutt, 1912), 124–138.
8. Ipoteza aceasta a fost acceptată pe scară largă, dar ulterior descoperirea unei nepotriviri între animalele ale căror oase au fost dezgropate în vecinătatea peşterilor şi cele reprezentate pe pereții aceloraşi peşteri a stârnit dubii. Dacă vrei să ai ceva mai mult noroc la vânătoarea de bizoni, vei picta un bizon. Sau cel puțin aşa s-ar crede. Dar datele nu confirmă această aşteptare. Vezi Jean Clottes, *What Is Paleolithic Art? Cave Paintings and the Dawn of Human Creativity* (Chicago: University of Chicago Press, 2016).
9. Benjamin Smith, comunicare personală, 13 martie 2019.
10. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 2.
11. Pentru o discuție detaliată vezi, de exemplu, *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, Jerome H. Barkow, Leda Cosmides şi John Tooby, ed. (Oxford: Oxford University Press, 1992); David Buss,

Evolutionary Psychology: The New Science of Mind (Boston: Allyn & Bacon, 2012).

12. Pentru alte contribuții accesibile la știința cognitivă a religiei, vezi, de exemplu, Justin L. Barrett, *Why Would Anyone Believe in God?* (Lanham, MD: AltaMira Press, 2004); Scott Atran, *In Gods We Trust: The Evolutionary Landscape of Religion* (Oxford: Oxford University Press, 2002); Todd Tremlin, *Minds and Gods: The Cognitive Foundations of Religion* (Oxford: Oxford University Press, 2006).
13. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 46–47; Daniel Dennett, *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon* (New York: Penguin Books, 2006), 122–123; Richard Dawkins, *The God Delusion* (New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2006), 230–233.
14. Prezentată pentru prima oară de Darwin, selecția pe bază de înrudire (sau valoarea selectivă inclusivă) a fost dezvoltată în R.A. Fisher, *The Genetical Theory of Natural Selection* (Oxford: Clarendon Press, 1930); J.B.S. Haldane, *The Causes of Evolution* (London: Longmans, Green & Co., 1932); şi W.D. Hamilton, „The Genetical Evolution of Social Behaviour“, *Journal of Theoretical Biology* 7, nr. 1 (1964): 1–16. Mai recent, utilitatea valorii selective inclusive pentru înțelegerea dezvoltării evolutive a fost contestată în M.A. Nowak, C.E. Tarnita şi E.O. Wilson, „The evolution of eusociality“, *Nature* 466 (2010): 1057–1062, cu o reacție critică semnată de 136 de cercetători: P. Abbot, J. Abe, J. Alcock *et al.*, „Inclusive fitness theory and eusociality“,

Nature 471 (2010): E1–E4.

15. David Sloan Wilson, *Does Altruism Exist? Culture, Genes and the Welfare of Others* (New Haven: Yale University Press, 2015); David Sloan Wilson, *Darwin's Cathedral: Evolution, Religion and the Nature of Society* (Chicago: University of Chicago Press, 2002).
16. Pentru un exemplu, vezi Steven Pinker în „The Believing Brain", World Science Festival public program, New York City, Gerald Lynch Theatre, 2 iunie 2018, https://www.worldsciencefestival.com/videos/believi brain-evolution-neuroscience-spiritual-instinct/46:50-49:16.
17. Charles Darwin, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* (New York: D. Appleton and Company, 1871), 84. Kindle. Comentariul lui Darwin înclină în direcția unei dezbateri îndelungate în cadrul teoriei evoluționiste asupra procesului *selecției de grup*. Teoria evoluționistă standard se bazează pe selecția naturală care operează asupra organismelor individuale: organismele mai apte pentru supraviețuire şi reproducere îşi vor transmite cu mai mult succes materialul genetic unor indivizi ulteriori. Selecția de grup e un tip similar de selecție, dar care acționează asupra unor întregi grupuri: grupurile mai apte pentru supraviețuire (ca întregi grupuri de indivizi) şi reproducere (în sensul înmulțirii numerice şi al desprinderii de noi grupuri) îşi vor transmite cu mai mult succes trăsăturile dominante unor grupuri ulterioare. (Comentariul lui Darwin se concentrează asupra cooperării indivizilor pentru a contribui la succesul grupului, manifestat prin creşterea populației grupului, iar nu prin

producerea unui număr mai mare de grupuri similare, dar se bazează tot pe interacțiunea fundamentală dintre comportamentele benefice pentru individ şi cele benefice pentru grup.) Nu există nici o controversă dacă selecția de grup poate avea loc în principiu. Controversa e dacă ea are loc în practică. Este o chestiune de timp: opinia generală este că intervalul de timp tipic în care un individ se va reproduce sau va muri e mult mai scurt decât intervalele de timp corespunzătoare în care un grup se va divide sau
ng- se va dizolva. Iar dacă aşa stau lucrurile, după cum susțin criticii selecției de grup, aceasta e prea lentă pentru a conta. Ca răspuns, David Sloan Wilson, un vechi susținător al selecției de grup (într-o formă şi mai generală numită *selecție multinivel*), a arătat că mare parte a dezbaterii se reduce la metode de numărare diferite, dar în ultimă instanță echivalente (diferite moduri de partiționare a întregii populații) şi ca atare e mai puțin litigioasă decât sugerează actualele dezacorduri (vezi David Sloan Wilson, *Does Altruism Exist? Culture, Genes and the Welfare of Others* [New Haven: Yale University Press, 2015], 31–46).

18. Importanța bazei emoționale pentru angajamentul religios este examinată în R. Sosis, „Religion and intra-group cooperation: Preliminary results of a comparative analysis of utopian communities“, *Cross-Cultural Research* 34 (2000): 70–87; R. Sosis şi C. Alcorta, „Signaling, solidarity, and the sacred: The evolution of religious behavior“, *Evolutionary Anthropology* 12 (2003): 264–274.
19. Robert Axelrod şi William D. Hamilton, „The Evolution of Cooperation“, *Science* 211 (martie

1981): 1390–1396; Robert Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, rev. ed. (New York: Perseus Books Group, 2006).

20. Jesse Bering, *The Belief Instinct* (New York: W.W. Norton, 2011).
21. Sheldon Solomon, Jeff Greenberg şi Tom Pyszczynski, *The Worm at the Core: On the Role of Death in Life* (New York: Random House Publishing Group, 2015), 122.
22. Abram Rosenblatt, Jeff Greenberg, Sheldon Solomon *et al.*, „Evidence for Terror Management Theory I: The Effects of Mortality Salience on Reactions to Those Who Violate or Uphold Cultural Values“, *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (1989): 681–690. Pentru o recenzie, vezi Sheldon Solomon, Jeff Greenberg şi Tom Pyszczynski, „Tales from the Crypt: On the Role of Death in Life“, *Zygon* 33, nr. 1 (1998): 9–43.
23. Tom Pyszczynski, Sheldon Solomon şi Jeff Greenberg, „Thirty Years of Terror Management Theory“, *Advances in Experimental Social Psychology* 52 (2015): 1–70.
24. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 20.
25. William James, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature* (New York: Longmans, Green, and Co., 1905), 485.
26. Stephen Jay Gould, *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould* (New York: W.W. Norton, 2006), 232–233.
27. Stephen J. Gould, în *Conversations About the End of Time* (New York: Fromm International, 1999). Pentru un studiu privind impactul conştiinței mortalității asupra credinței în entități

supranaturale, vezi, de exemplu, A. Norenzayan şi I.G. Hansen, „Belief in supernatural agents in the face of death“, *Personality and Social Psychology Bulletin* 32 (2006): 174–187.

28. Karl Jaspers, *The Origin and Goal of History* (Abingdon, UK: Routledge, 2010), 2.
29. Wendy Doniger, trad., *The Rig Veda* (New York: Penguin Classics, 2005), 25–26.
30. Sanctitatea Sa Dalai Lama, Houston, Texas, 21 septembrie 2005. Deşi nu am reuşit să găsesc o transcriere a conversației, aceasta e cel puțin o parafrază apropiată a răspunsului său.
31. La fel ca în cazul rădăcinilor istorice ale tuturor marilor religii, există dezbateri erudite privind data exactă când au fost scrise diverse texte, când au dobândit forma canonică etc. Datele pe care le-am citat sunt compatibile cu unele opinii savante, dar întrucât nu există un consens universal, ele trebuie privite doar cu caracter orientativ.
32. David Buss, *Evolutionary Psychology: The New Science of Mind* (Boston: Allyn & Bacon, 2012), 90–95, 205–206, 405–409.
33. Pentru o discuție aprofundată, accesibilă şi animată despre credința umană şi diverşii factori care o influențează, vezi Michael Shermer, *The Believing Brain: From Ghosts and Gods to Politics and Conspiracies* (New York: St. Martin’s Griffin, 2011). Deşi influența pe care o poate avea emoția asupra credinței pare evidentă, până de curând studiile academice au tins să accentueze influența credinței asupra emoției, aspect subliniat în N. Frijda, A.S.R. Manstead şi S. Bem, „The influence of emotions on belief“, în *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (Studies in Emotion and Social

Interaction), ed. N. Frijda, A. Manstead şi S. Bem (Cambridge: Cambridge University Press, 2000), 1–9. Un studiu despre impactul emoției asupra stabilirii credințelor în contexte în care anterior nu existaseră deloc, precum şi despre influența emoției asupra acceptului de schimbare a credințelor este descris în N. Frijda şi B. Mesquita, „Beliefs through emotions“, în *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (Studies in Emotion and Social Interaction), ed. N. Frijda, A. Manstead şi S. Bem (Cambridge: Cambridge University Press, 2000), 45–77.

34. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 303.
35. Karen Armstrong, *A Short History of Myth* (Melbourne: The Text Publishing Company, 2005), 57.
36. Ibid.
37. Guy Deutscher, *The Unfolding of Language: An Evolutionary Tour of Mankind's Greatest Invention* (New York: Henry Holt and Company, 2005).
38. William James, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature* (New York: Longmans, Green and Co., 1905), 498.
39. Ibid., 506–507.

8. Instinct şi creativitate

1. Howard Chandler Robbins Landon, *Beethoven: A Documentary Study* (New York: Macmillan Publishing Co., Inc., 1970), 181.
2. Friedrich Nietzsche, *Twilight of the Idols*, trad. Duncan Large (Oxford: Oxford University Press, 1998, reeditare 2008), 9.

3. George Bernard Shaw, *Back to Methuselah* (Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012), 277.
4. David Sheff, „Keith Haring, An Intimate Conversation“, *Rolling Stone* 589 (august 1989): 47.
5. Josephine C.A. Joordens *et al.*, „*Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving“, *Nature* 518 (12 februarie 2015): 228–231.
6. Mai precis, ceea ce contează este ca genele să fie transmise generației următoare; acest scop poate fi realizat având descendenți proprii sau făcând ca alți indivizi, cu care avem în comun o parte substanțială a genelor, să aibă descendenți.
7. Ritualurile de curtare ale păsărilor manakin sunt descrise cu lux de amănunte în Richard Prum, *The Evolution of Beauty: How Darwin's Forgotten Theory on Mate Choice Shapes the Animal World and Us* (New York: Doubleday, 2017), 1544–1545, Kindle. Sclipirile licuricilor şi alegerea perechii sunt examinate în S.M. Lewis şi C.K. Cratsley, „Flash signal evolution, mate choice, and predation in fireflies“, *Annual Review of Entomology* 53 (2008): 293–321. Construcțiile păsării grădinar sunt descrise şi ilustrate în Peter Rowland, *Bowerbirds* (Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 2008), mai ales paginile 40–47.
8. Opoziția față de selecția sexuală s-a datorat în parte şi faptului că puterea selectivă era cedată unor femele pretențioase, idee care le repugna biologilor victorieni, aproape toți bărbați. Vezi, de pildă, H. Cronin, *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today* (Cambridge: Cambridge University Press,

1991). Să observăm şi că există exemple de specii în care rolul de alegător revine masculului, precum şi specii în care acest rol e împărțit între masculi şi femele.

9. Charles Darwin, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, ill. ed. (New York: D. Appleton and Company, 1871), 59.
10. Wallace a oferit alte explicații pentru ornamentele corporale ale masculilor, cum ar fi un exces de „vigoare“ al masculilor, care, în lipsa altui debuşeu, se manifestă sub forma culorilor vii, a cozilor lungi, a strigătelor prelungite etc. El a susținut şi că ornamentele corporale atrăgătoare sunt în mod necesar corelate cu sănătatea şi robustețea, şi ca atare oferă indicii externe ale eficienței biologice, făcând din selecția sexuală doar un caz particular al selecției naturale. Vezi Alfred Russel Wallace, *Natural Selection and Tropical Nature* (London: Macmillan and Co., 1891). Ornitologul Richard Prum susține că cercetătorii au neglijat în mod nejustificat sensibilitățile estetice în favoarea unor explicații adaptive, poziție controversată pe care o expune în *The Evolution of Beauty: How Darwin's Forgotten Theory on Mate Choice Shapes the Animal World and Us* (New York: Doubleday, 2017).
11. Asimetria dintre masculi şi femele în arena strategiei reproductive a fost studiată şi clarificată de Robert Trivers în „Parental Investment and Sexual Selection“, în *Sexual Selection and the Descent of Man: The Darwinian Pivot*, ed. Bernard G. Campbell (Chicago: Aldine Publishing Company, 1972), 136–179.
12. Geoffrey Miller, *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*

(New York: Anchor, 2000); Denis Dutton, *The Art Instinct* (New York: Bloomsbury Press, 2010). Perspectiva este strâns legată de o propunere anterioară a lui Amotz Zahavi, *principiul handicapului*, potrivit căreia unele animale îşi anunță aptitudinea prin etalarea unei aparente risipe care poate lua forma unor părți ale corpului sau comportamente extravagante. Un păun care-şi poate permite să care după el o coadă frumoasă, dar incomodă, îşi asigură potențialele partenere de forța şi aptitudinea lui, deoarece semenii lui mai slabi n-ar supraviețui cu o asemenea podoabă excesivă, care periclitează supraviețuirea. Ideea este deci că primii artişti umani au transformat irelevanța adaptivă a artei lor într-o etalare publică analoagă de forță şi aptitudine, sporind şansele de reproducere şi transmițând astfel mai departe tendința de a folosi arta ca mijloc pentru atragerea perechilor. Vezi Amotz Zahavi, „Mate selection – A selection for a handicap“, *Journal of Theoretical Biology* 53, nr. 1 (1975): 205–214.

13. Brian Boyd, „Evolutionary Theories of Art”, în *The Literary Animal: Evolution and the Nature of Narrative*, ed. Jonathan Gottschall şi David Sloan Wilson (Evanston, IL: Northwestern University Press, 2005), 147.

    Criticile aduse selecției sexuale ca explicație a activității artistice umane menționate în acest paragraf au fost expuse în mai multe lucrări. Iată câteva mostre: Dacă selecția sexuală e explicația artelor, nu ar fi de aşteptat ca arta să fie o îndeletnicire predominant masculină perfect reglată pentru acces sexual, altfel spus, o activitate practicată cel mai viguros de bărbați aflați la apogeul impulsului reproductiv şi

adresată exclusiv unor potențiale partenere feminine? (Brian Boyd, *On the Origin of Stories* [Cambridge: Belknap Press, 2010], 76; Ellen Dissanayake, *Art and Intimacy* [Seattle: University of Washington Press, 2000], 136.) Inteligența şi creativitatea nu sunt neapărat indicii ai aptitudinii fizice – combinația dintre slăbiciunea fizică şi talentul creator nu e neobişnuită. (James R. Roney, „Likeable but Unlikely, a Review of the Mating Mind by Geoffrey Miller“, *Psycoloquy* 13, nr. 10, 2002, articolul 5.) Există vreo dovadă că incursiunile artistice ale bărbaților sunt o mai bună reclamă pentru aptitudine decât alte activități, de pildă afişarea relațiilor sociale, etalarea bogăției, câştigarea competițiilor sportive etc.? (Stephen Davies, *The Artful Species: Aesthetics, Art, and Evolution* [Oxford: Oxford University Press, 2012], 125.)

14. Steven Pinker, *How the Mind Works* (New York: W.W. Norton, 1997), 525.
15. Ellen Dissanayake, *Art and Intimacy: How the Arts Began* (Seattle: University of Washington Press, 2000), 94.
16. Noël Carroll, „The Arts, Emotion, and Evolution“, în *Aesthetics and the Sciences of Mind*, ed. Greg Currie, Matthew Kieran, Aaron Meskin şi Jon Robson (Oxford: Oxford University Press, 2014).
17. Glenn Gould în *The Glenn Gould Reader*, ed. Tim Page (New York: Vintage Books, 1984), 240.
18. Brian Boyd, *On the Origin of Stories* (Cambridge, MA: Belknap Press, 2010), 125.
19. Jane Hirshfield, *Nine Gates: Entering the Mind of Poetry* (New York: Harper Perennial, 1998), 18.

20. Saul Bellow, discurs la decernarea Premiului Nobel, 12 decembrie 1976, din *Nobel Lectures*, *Literature 1968–1980*, ed. Sture Allén (Singapore: World Scientific Publishing Co., 1993).
21. Joseph Conrad, *The Nigger of the "Narcissus"* (Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1999), vi.
22. Yip Harburg, „Yip at the 92nd Street YM-YWHA, December 13, 1970", transcriere 1-10-3, p. 3, benzile 7-2-10 şi 7-2-20.
23. Yip Harburg, „E.Y. Harburg, Lecture at UCLA on Lyric Writing, February 3, 1977", transcriere, pp. 5–7, banda 7-3-10.
24. Marcel Proust, *Remembrance of Things Past*, vol. 3: *The Captive*, *The Fugitive*, *Time Regained* (New York: Vintage, 1982), 260, 931.
25. Ibid., 260.
26. George Bernard Shaw, *Back to Methuselah* (Scotts Valley, CA: Create Space Independent Publishing Platform, 2012), 278.
27. Ellen Greene, „Sappho 58: Philosophical Reflections on Death and Aging", in *The New Sappho on Old Age: Textual and Philosophical Issues*, ed. Ellen Greene şi Marilyn B. Skinner, Hellenic Studies Series 38 (Washington, DC: Center for Hellenic Studies, 2009); Ellen Greene, ed., *Reading Sappho: Contemporary Approaches* (Berkeley: University of California Press, 1996).
28. Joseph Wood Krutch, „Art, Magic, and Eternity", *Virginia Quarterly Review* 8, nr. 4, (toamna 1932); https://www.vqronline.org/essay/art-magic-and-eternity.
29. Ca o altă perspectivă, unii autori au sugerat că teama de moarte şi impactul aferent manifestat prin negarea morții, aşa cum au fost descrise de

Ernest Becker, sunt influențe moderne, stimulate în mare parte de creşterea longevității şi declinul religiei. Vezi, de exemplu, Philippe Ariès, *The Hour of Our Death*, trad. Helen Weaver (New York: Alfred A. Knopf, 1981).

30. W.B. Yeats, *Collected Poems* (New York: Macmillan Collector's Library Books, 2016), 267.
31. Herman Melville, *Moby-Dick* (Hertfordshire, UK: Wordsworth Classics, 1993) 235.
32. Edgar Allan Poe, citat în J. Gerald Kennedy, *Poe, Death, and the Life of Writing* (New Haven: Yale University Press, 1987), 48.
33. Tennessee Williams, *Cat on a Hot Tin Roof* (New York: New American Library, 1955), 67–68.
34. Fyodor Dostoevsky, *Crime and Punishment*, trad. Michael R. Katz (New York: Liveright, 2017), 318.
35. Sylvia Plath, *The Collected Poems*, ed. Ted Hughes (New York: Harper Perennial, 1992), 255.
36. Douglas Adams, *Life, the Universe and Everything* (New York: Del Rey, 2005), 4–5.
37. Pablo Casals, din Festivalul Bach: Prades 1950, citat în Paul Elie, *Reinventing Bach* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2012), 447.
38. Joseph Conrad, *The Nigger of the "Narcissus"* (Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1999), vi.
39. Helen Keller, scrisoare către New York Symphony Orchestra, 2 februarie 1924, arhivele digitale ale Fundației Americane pentru Nevăzători, fişierul HK01-07_B114_F08_015_002.tif.

9. Durată şi nepermanență

1. Unii gânditori proeminenți au sugerat că evoluția umană s-a încheiat. De exemplu, Stephen Jay Gould a observat că, din punct de vedere biologic, oamenii de azi sunt practic identici cu cei care au trăit în urmă cu cincizeci de mii de ani (Stephen Jay Gould, „The spice of life“, *Leader to Leader* 15 [2000]: 14–19). Alți cercetători, studiind genomul uman, au susținut că, dimpotrivă, ritmul evoluției umane se accelerează (vezi, de exemplu, John Hawks, Eric T. Wang, Gregory M. Cochran *et al.*, „Recent acceleration of human adaptive evolution“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, nr. 52 [decembrie 2007]: 20753–58; Wenqing Fu, Timothy D. O'Connor, Goo Jun *et al.*, „Analysis of 6,515 exomes reveals the recent origin of most human protein-coding variants“, *Nature* 493 [10 ianuarie 2013]: 216–220). Studii efectuate asupra unor diverse populații au oferit dovezi despre o evoluție genetică relativ recentă. Exemplele includ statura bărbaților olandezi, a cărei creştere medie excepțională s-ar putea să reflecte efectele selecției sexuale şi naturale (Gert Stulp, Louise Barrett, Felix C. Tropf şi Melinda Mill, „Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth?“, *Proceedings of the Royal Society B* 282, nr. 1806 [7 mai 2015]: 20150211), şi adaptările la medii situate la mare altitudine (Abigail Bigham *et al.*, „Identifying signatures of natural selection in Tibetan and Andean populations using dense genome scan data“, *PLoS Genetics* 6, nr. 9 [9 septembrie 2010]: e1001116).
2. Choongwon Jeong şi Anna Di Rienzo, „Adaptations to local environments in modern

human populations“, *Current Opinion in Genetics & Development* 29 (2014), 1–8; Gert Stulp, Louise Barrett, Felix C. Tropf şi Melinda Mill, „Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth?“, *Proceedings of the Royal Society B* 282, nr. 1806 (7 mai 2015): 20150211 (vezi şi nota 1, mai sus).

3. O examinare circumspectă a acestei presupuneri e oferită de Steven Carlip, „Transient Observers and Variable Constants, or Repelling the Invasion of the Boltzmann's Brains“, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 06 (2007): 001. O variantă posibilă pe care o vom lua în considerare este că valoarea energiei întunecate s-ar putea schimba. Aşa cum vom vedea în cadrul capitolului, abia la sfârşitul anilor 1990 observațiile astronomice au convins comunitatea fizicienilor că eliminarea de către Einstein a constantei cosmologice în 1931 („Afară cu termenul cosmologic!“) a fost prematură. Prematură a fost şi etichetarea termenului cosmologic drept o „constantă“. E posibil ca valoarea termenului cosmologic al lui Einstein să varieze în timp – posibilitate care, aşa cum vom vedea, are implicații profunde pentru viitor.
4. Pentru o altă perspectivă asupra viitorului inteligenței, vezi David Deutsch, *The Beginning of Infinity* (New York: Viking, 2011).
5. Escatologia fizică, fizica viitorului îndepărtat, s-a bucurat de mai puțină atenție decât fizica trecutului îndepărtat. Există totuşi numeroase studii. O listă cuprinzătoare de referințe e conținută în Milan M. Ćirković, „Resource Letter: PEs-1, Physical Eschatology“, *American Journal of Physics* 71 (2003): 122. În discuția care urmează, articolul lui Freeman Dyson,

„Time without end: Physics and biology in an open universe", *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 447–60, a avut o influență deosebită, la fel şi articolul lui Fred C. Adams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects", *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 337–372, care dezvoltă în continuare subiectul, incluzând rezultate noi privind dinamica planetară, stelară şi galactică, discutate şi în excelenta lor carte de popularizare *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999). Subiectul îşi datorează originile moderne articolului lui M.J. Rees, „The collapse of the universe: An eschatological study", *Observatory* 89 (1969): 193–198, precum şi articolului lui Jamal N. Islam, „Possible Ultimate Fate of the Universe", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 18 (martie 1977): 3–8.

6. I.-J. Sackmann, A.I. Boothroyd şi K.E. Kraemer, „Our Sun. III. Present and Future", *Astrophysical Journal* 418 (1993): 457; Klaus-Peter Schroder şi Robert C. Smith, „Distant future of the Sun and Earth revisited", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386, nr. 1 (2008): 155–163.
7. Cititorul specialist va observa că principiul de excluziune al lui Pauli a jucat deja un rol în evoluția Soarelui. Înainte să fi început fuziunea heliului în miezul Soarelui, densitatea a fost suficient de mare pentru ca presiunea de degenerare a electronilor rezultată din principiul de excluziune să devină relevantă. Într-adevăr, „erupția spectaculoasă şi momentană" despre care am spus că marchează tranziția către fuziunea heliului apare datorită proprietăților

speciale ale gazului electronic degenerat din centrul Soarelui (gazul nu se dilată şi nu se răceşte ca reacție la căldura generată de începutul fuziunii heliului, ducând la o reacție nucleară colosală, cam ca la o bombă cu heliu).

8. Alan Lindsay Mackay, *The Harvest of a Quiet Eye: A Selection of Scientific Quotations* (Bristol, UK: Institute of Physics, 1977): 117.
9. Rolul esențial al principiului de excluziune al lui Pauli în structura piticelor albe a fost recunoscut prima oară în R.H. Fowler, „On Dense Matter“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 87, nr. 2 (1926): 114–22. Importanța includerii efectelor relativiste a fost recunoscută în Subrahmanyan Chandrasekhar, „The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs“, *Astrophysical Journal* 74 (1931): 81–82. Rezultatul, cunoscut ca limita Chandrasekhar, arată că contracția oricărei stele cu o masă mai mică decât aproximativ 1,4 mase solare va fi oprită în mod similar de rezistența datorată principiului de excluziune al lui Pauli. Lucrări ulterioare au dezvăluit că în cazul unor stele mai masive forța contracției stelare poate obliga electronii să se combine cu protonii, formând neutroni. Procesul permite ca steaua să se contracte în continuare, dar la un moment dat neutronii vor fi atât de strâns împachetați, încât principiul de excluziune al lui Pauli devine din nou relevant, oprind încă o dată contracția. Rezultatul e o stea neutronică.
10. Deşi în medie distanțele dintre galaxii cresc, unele galaxii sunt suficient de apropiate pentru ca atracția gravitațională să domine recesiunea. Aşa cum vom vedea, acesta e, de exemplu, cazul galaxiilor Calea Lactee şi Andromeda.

11. S. Perlmutter *et al.*, „Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae“, *Astrophysical Journal* 517, nr. 2 (1999): 565; B.P. Schmidt *et al.*, „The High-Z Supernova Search: Measuring Cosmic Deceleration and Global Curvature of the Universe Using Type IA Supernovae“, *Astrophysical Journal* 507 (1998): 46.
12. Pentru completitudine, să observăm că toate explicațiile expansiunii spațiale accelerate considerate serioase indică gravitația drept responsabilă. Dar, în general vorbind, ele o fac în două moduri diferite. Fie comportamentul forței gravitaționale pe distanțe cosmologice diferă de aşteptările bazate pe descrierile lui Einstein şi Newton, fie sursa care dă naştere gravitației diferă de aşteptările bazate pe cunoaşterea convențională a materiei şi energiei. Deşi ambele abordări sunt viabile, cea de-a doua a fost dezvoltată mai mult şi aplicată pe scară largă (pentru a explica nu doar expansiunea accelerată a spațiului, ci şi observațiile detaliate ale radiației cosmice de fond de microunde), şi prin urmare pe aceasta o vom urma.
13. Densitatea energiei întunecate este de aproximativ 5×10^{-10} J / m^3 sau circa 5×10^{-10} Ws/m^3. Pentru ca un bec electric de 100 W să funcționeze timp de o secundă e nevoie de 2×10^{11} ori energia întunecată conținută într-un singur centimetru cub. Energia aceasta poate aşadar menține aprins un bec de 100 W timp de aproximativ 5×10^{-12} secunde, circa cinci bilionimi de secundă.
14. Dacă valoarea energiei întunecate nu se modifică în timp, atunci ea este identică cu constanta cosmologică – un paliativ introdus de

Einstein în calculele sale în 1917, când şi-a dat seama că ecuațiile relativității generale nu puteau justifica opinia unanimă că la scară mare universul e static. Dificultatea cu care s-a confruntat Einstein era că staticul necesită echilibru, dar gravitația pare să tragă într-o singură direcție. Fără nici o forță compensatoare, un univers static părea imposibil. Din fericire, Einstein a înțeles că prin introducerea unui nou termen în ecuațiile sale – constanta cosmologică – relativitatea generală permite şi gravitația repulsivă, care poate s-o compenseze pe cea atractivă şi să facă posibil un univers static. (El n-a înțeles că echilibrul era instabil – o mică schimbare în dimensiunea universului static, acesta devenind doar cu puțin mai mare sau mai mic, ar răsturna echilibrul, ducând la expansiune sau la contracție.) Peste ceva mai mult de un deceniu însă, Einstein a aflat că universul se extinde. Cu un gest devenit faimos, el a şters constanta cosmologică din ecuațiile sale. Dar Einstein lăsase duhul gravitației repulsive să scape din clondirul relativității generale. Cu timpul, gravitația repulsivă va aduce mari servicii cosmologiei, permițând impulsul expansionist al big bang-ului, iar după aceea oferind o explicație pentru expansiunea accelerată a spațiului. Aşa cum au spus mulți, aceasta dovedeşte că până şi ideile proaste ale lui Einstein au fost bune.

15. Robert R. Caldwell, Marc Kamionkowski şi Nevin N. Weinberg, „Phantom Energy and Cosmic Doomsday“, *Physical Review Letters* 91 (2003): 071301.
16. Λbraham Loeb, „Cosmology with hypervelocity stars“, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 04 (2011): 023.

17. Energia din interiorul Pământului este de asemenea un rest al căldurii produse atunci când atracția gravitațională a comprimat un nor de praf şi gaz şi a dat naştere unei planete. În plus, şi rotația Pământului generează căldură, deoarece mişcarea produce fricțiuni în straturile adânci de roci care au nevoie de o forță constantă pentru a ține pasul cu viteza de rotație.
18. Fred C. Λdams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects“, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 337–372; Fred C. Λdams şi Greg Laughlin, *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999), 50–52. Considerente similare sunt relevante pentru planetele sau sateliții care au fost întotdeauna prea departe de steaua gazdă pentru ca pe suprafața lor să existe condiții favorabile vieții. Procesele interne din astfel de corpuri, astrogeologia lor, pot produce energii capabile să susțină viața adânc sub suprafață. Satelitul lui Saturn, Enceladus, e un prim candidat. La o distanță atât de mare de Soare, suprafața lui înghețată e un loc ostil pentru viață. Dar diversele atracții gravitaționale exercitate de Saturn şi ceilalți sateliți ai săi, întinzându-l uşor pe Enceladus într-o direcție şi comprimându-l într-altă direcție, generează presiuni şi fricțiuni care îi încălzesc interiorul, topesc gheața şi, poate, mențin rezervoare de apă lichidă. Nu e complet deplasat să ne imaginăm că într-o bună zi am putea să forăm o mică gaură în crusta înghețată a lui Enceladus, să coborâm o sondă şi să ne întâlnim cu un locuitor al acelui ocean.
19. Pentru o demonstrație, vezi apariția mea în *The Late Show with Stephen Colbert* în care am lăsat

să cadă o stivă de cinci mingi, cea mai uşoară dintre ele fiind propulsată la peste nouă metri înălțime (cu siguranță singurul Record Mondial Guiness pe care-l voi deține vreodată). https:// www .youtube .com/ watch ?v = 75szwX09pg8.

20. Dyson oferă o evaluare aproximativă a ratei cu care planetele sunt ejectate din sistemele solare, precum şi a ratei cu care stelele sunt ejectate din galaxii: Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe“, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 450. Λdams şi Laughlin oferă explicații şi calcule mai detaliate, precum şi contribuții originale la studiul acestor procese (de exemplu, implicațiile unor stele mici care ar traversa sistemul nostru solar). F.C. Λdams şi G. Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects“, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 343–347; Fred C. Adams şi Greg Laughlin, *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999), 50–51.
21. Pentru o demonstrație video a metaforei cu folia de cauciuc, folosind spandex, şi o scurtă discuție despre comentariul din paragraful următor privind undele gravitaționale şi dezintegrarea orbitelor planetare, vezi https:// www .youtube .com/ watch ?v = uRijc -ΛN -F0.
22. R.Λ. Hulse şi J. H. Taylor, „Discovery of a pulsar in a binary system“, *Astrophysical Journal* 195 (1975): L51.
23. Posibilitatea ca o orbită care se dezintegrează lent să indice pierderea de energie prin radiație gravitațională a fost menționată în R.V. Wagoner, „Test for the existence of gravitational radiation“, *Astrophysical Journal* 196 (1975): L63.
24. J.H. Taylor, L.A. Fowler şi P.M. McCulloch,

„Measurements of general relativistic effects in the binary pulsar PSR 1913+16“, *Nature* 277 (1979): 437.

25. Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe“, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 451; Fred C. Adams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects“, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 344–347.
26. Fred C. Λdams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects“, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 347–349.
27. Când sunt izolați, neutronii au o durată de viață scurtă, vreo cincisprezece minute. Fiindcă sunt mai grei decât protonii, procesul lor de dezintegrare implică producerea unui proton (plus un electron şi un antineutrin). Pentru ca un neutron să se dezintegreze în interiorul unui atom, nucleul ar trebui să accepte protonul produs, dar deseori cerința aceasta nu poate fi îndeplinită. Protonii aflați deja în nucleu umplu complet nivelele cuantice disponibile, care potrivit lui Pauli şi principiului său de excluziune nu pot fi împărțite, asigurând stabilitatea neutronului în acest context. Dacă protonii se dezintegrează, ei nu vor produce neutroni, fiindcă sunt mai uşori decât aceştia, şi nu va interveni un proces de stabilizare similar.
28. Howard Georgi şi Sheldon Glashow, „Unity of Λll Elementary-Particle Forces“, *Physical Review Letters* 32, nr. 8 (1974): 438.
29. O rată de dezintegrare de 50% în 10^{30} ani înseamnă că într-o mostră de 10^{30} protoni există şanse de 50% ca în decurs de un an unul dintre ei

să se dezintegreze.

30. Howard Georgi, comunicare personală, Universitatea Harvard, 28 decembrie 1997.

31. Dacă protonii nu se dezintegrează în modul prevăzut de teorii precum marea unificare sau teoria corzilor, care merg dincolo de legile stabilite ale fizicii particulelor – adică modelul standard –, evoluția spre viitor pe care am descris-o va necesita diverse modificări. De exemplu, ne gândim de obicei la substanțele solide precum fierul ca la obiecte care-şi păstrează forma, spre deosebire de lichide, a căror formă e fluidă. Dar, pe durate suficient de lungi, chiar şi fierul se va comporta ca un fluid, atomii săi constituenți tunelând prin toate barierele ridicate în mod normal de procesele fizice şi chimice. În decursul a circa 10^{65} ani, o bucată de fier plutind în spațiu îşi va rearanja atomii, „topindu-se“ într-un strop sferic – la fel ca toată materia care mai există. Dincolo de reconfigurările formei, pe durate şi mai lungi identitatea materiei s-ar schimba: atomii mai uşori decât fierul ar fuziona treptat, în timp ce atomii mai grei ar fisiona. Fierul e cel mai stabil dintre toate configurațiile atomice şi, prin urmare, ar fi produsul final al tuturor acestor procese nucleare. Scara de timp pentru încheierea acestor procese este de aproximativ $10^{1.500}$ ani. Pe durate încă şi mai lungi, materia ar tunela în găuri negre, care la această scară de timp s-ar evapora imediat prin radiație Hawking. Să observăm totuşi că până şi în modelul standard al fizicii particulelor – fără extensii exotice sau ipotetice – se crede că protonii se vor dezintegra, doar că la o scară de timp mult mai lungă decât cei 10^{38} ani presupuşi în cadrul capitolului. De exemplu, există un

proces cuantic exotic aflat în întregime în limitele modelului standard pe care fizicienii l-au studiat teoretic (numit instanton şi care face uz de aşa-numita soluție sfaleron a ecuațiilor câmpului electroslab) şi care ar duce la dezintegrarea protonului. Procesul se bazează pe un eveniment de tunelare cuantică, aşa încât scara de timp necesară ca el să se producă e lungă – estimările plasându-l la circa 10^{150} ani în viitor – dar mult mai puțin decât cei $10^{1.500}$ ani menționați mai sus. Fizicienii au studiat şi alte procese exotice care ar provoca dezintegrarea protonului la diverse scări de timp, majoritatea în limitele a aproximativ 10^{200} ani. Prin urmare, probabil că până în acea eră viitoare toată materia complexă rămasă se va fi descompus. Vezi Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe“, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 451–452, pentru estimările privind fluiditatea materiei solide şi transformarea materiei în fier. Pentru referințe tehnice despre tunelarea cuantică conducând la dezintegrarea protonului, vezi G. ’t Hooft, „Computation of the quantum effects due to a four-dimensional pseudoparticle“, *Physical Review D* 14 (1976): 3432, şi F.R. Klinkhamer şi N.S. Manton, „A saddle-point solution in the Weinberg-Salam theory“, *Physical Review D* 30 (1984): 2212.

32. Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe“, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 447–460.
33. Dyson calculează rata necesară de disipare a energiei *D* pentru un Gânditor a cărui „complexitate“ este *Q* (care e rata producției de entropie raportată la unitatea de timp subiectiv a Gânditorului, aproximativ producția de entropie

per gând a Gânditorului), operând la o temperatură T, şi găseşte că $D \infty QT^2$.

34. Mai precis, în limbajul pe care îl folosesc, Dyson presupune că în cazul unui ansamblu de Gânditori, toți reglați să funcționeze la temperaturi diferite, viteza proceselor metabolice ale fiecărui Gânditor, indiferent care ar fi ele, depinde liniar de temperatură. În termeni tehnici, Dyson postulează ceea ce el numeşte ipoteza scalării biologice (*biological scaling hypothesis*), care afirmă următoarele: Dacă avem o replică a unui anumit mediu, identică din punct de vedere cuantic cu originalul, cu excepția faptului că temperatura noului mediu este T_{nou}, în vreme ce a mediului original a fost T_{original}, şi dacă facem o replică a unui sistem viu astfel încât hamiltonianul său cuantic, până la o transformare unitară, este dat de $H_{\text{nou}} = (T_{\text{nou}} / T_{\text{original}}) H_{\text{original}}$, atunci copia este vie şi are experiențe subiective identice cu ale originalului, exceptând faptul că toate funcțiile sale interne sunt reduse cu un factor $T_{\text{nou}} / T_{\text{original}}$.

35. Pentru cititorul interesat de matematică, să observăm că dacă temperatura, T, este funcție de timp, t, conform relației $T(t) \sim t^{-p}$, integrala expresiei din nota 33, QT^2, va converge pentru $p > ½$, în vreme ce numărul total de gânduri (integrala lui $T(t)$) va diverge pentru $p < 1$. Prin urmare, cu $½ < p < 1$, Gânditorul poate avea un număr infinit de gânduri folosind doar o cantitate finită de energie.

36. Pentru cititorul interesat de matematică, problema esențială aici este că viteza maximă de evacuare a deşeurilor (presupunând că Gânditorul evacuează deşeurile printr-o radiație de dipol bazată pe electroni) este proporțională cu T^3, în

timp ce energia disipată e proporțională cu T^2. Aceasta implică existența unei limite inferioare a lui T pentru a evita acumularea căldurii reziduale mai rapid decât poate fi eliminată.

37. Printre informaticienii responsabili pentru aceste rezultate influente se numără Charles Bennett, Edward Fredkin, Rolf Landauer şi Tommaso Toffoli, între mulți alții. Pentru o expunere intuitivă şi accesibilă, vezi Charles H. Bennett şi Rolf Landauer, „The Fundamental Physical Limits of Computation“, *Scientific American* 253, nr. 1 (iulie 1985): 48–56.
38. Mai precis, calculul e *practic* imposibil de anulat. Deoarece actul de ştergere este el însuşi un proces fizic, în principiu îl putem anula prin acelaşi proces pe care l-am folosi ca să anulăm spargerea unui pahar: inversarea mişcării tuturor particulelor pretutindeni. Dar practic aceasta este irealizabil.
39. Mai mulți autori au examinat impactul unei constante cosmologice asupra viitorului vieții şi al minții. Cu mult înainte de descoperirea observațională a energiei întunecate, John Barrow şi Frank Tipler au analizat fizica proceselor de calcul într-un univers cu constantă cosmologică şi au arătat că procesarea informației ajunge în mod necesar la un final, punând capăt vieții şi minții (John D. Barrow şi Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* [Oxford: Oxford University Press, 1988], 668–69). Lawrence Krauss şi Glenn Starkman au revizuit analiza lui Dyson într-un univers cu constantă cosmologică şi au ajuns la o concluzie similară (Lawrence M. Krauss şi Glenn D. Starkman, „Life, the Universe, and Nothing: Life and Death in an Ever-Expanding Universe“,

Astrophysical Journal 531 [2000]: 22–30). Krauss şi Starkman au argumentat pe temeiuri generale că natura discretă a stărilor pentru un sistem cuantic de dimensiune finită ar periclita în mod similar gândirea infinită în *orice* spațiu-timp în expansiune, chiar şi în absența unei constante cosmologice. Totuşi, Barrow şi Hervik au susținut că folosind gradienți de temperatură generați de undele gravitaționale, procesarea informației poate în fapt să continue indefinit într-un univers care nu are constantă cosmologică (John D. Barrow şi Sigbjørn Hervik, „Indefinite information processing in ever-expanding universes“, *Physics Letters B* 566, nr. 1–2 [24 iulie 2003]: 1–7). Freese şi Kinney au ajuns la o concluzie similară, argumentând că într-un spațiu-timp a cărui dimensiune a orizontului creşte în timp (spre deosebire de un univers cu constantă cosmologică în care dimensiunea orizontului e fixă), spațiul fazelor dobândeşte permanent moduri noi (cele ale căror lungimi de undă scad sub dimensiunea în creştere a orizontului), care oferă sistemului o rezervă continuă de noi grade de libertate capabile să transporte deşeurile în mediu, permițând calculelor să continue indefinit de departe în viitor (K. Freese şi W. Kinney, „The ultimate fate of life in an accelerating universe“, *Physics Letters B* 558, nr. 1–2 [10 aprilie 2003]: 1–8).

40. K. Freese şi W. Kinney, „The ultimate fate of life in an accelerating universe“, *Physics Letters B* 558, nr. 1–2 [10 aprilie 2003]: 1–8.

10. Amurgul timpului

1. Faptul că procese cu probabilități minuscule pot profita de durate lungi de timp pentru a-şi croi

drum în realitate l-am întâlnit deja în capitole anterioare. Referindu-mă la una dintre explicațiile declanşării big bang-ului, am observat că evoluția cosmică a putut aştepta mult timp până când configurația extrem de improbabilă a unui câmp inflaton uniform a umplut o mică regiune, unde a generat gravitația repulsivă şi a pus în mişcare expansiunea spațiului. Pentru un alt exemplu important şi general, am subliniat că legea a doua a termodinamicii nu e o lege în sensul convențional, ci o tendință statistică. Descreşterile entropiei sunt extraordinar de rare, dar, dacă aşteptăm suficient de mult timp, chiar şi lucrurile cele mai improbabile se vor întâmpla.

2. Freeman Dyson în Jon Else, dir., *The Day After Trinity* (Houston: KETH, 1981).
3. Comunicare personală cu John Wheeler, Universitatea Princeton, 27 ianuarie 1998.
4. W. Israel, „Event Horizons in Static Vacuum Space-Times“, *Physical Review* 164 (1967): 1776; W. Israel, „Event Horizons in Static Electrovac Space-Times“, *Communications in Mathematical Physics* 8 (1968): 245; B. Carter, „Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom“, *Physical Review Letters* 26 (1971): 331.
5. Jacob D. Bekenstein, „Black Holes and Entropy“, *Physical Review D* 7 (15 aprilie 1973): 2333. Pentru un rezumat matematic frumos şi accesibil al calculului lui Bekenstein, vezi Leonard Susskind, *The Black Hole War: My Battle with Stephen Hawking to Make the World Safe for Quantum Mechanics* (New York: Little, Brown and Co., 2008), 151–154.
6. Mai precis, aria creşte cu o unitate, dacă se alege

ca unitate de arie un sfert din pătratul lungimii Planck.

7. Proprietățile magnetice ale electronului, care sunt extrem de sensibile la fluctuațiile cuantice în spațiul vid, oferă cel mai impresionant acord între observații şi predicțiile matematice. Calculele matematice sunt de-a dreptul eroice. La finele anilor 1940, Richard Feynman a introdus o schemă grafică pentru organizarea unor asemenea calcule cuantice, folosind ceea ce numim acum *diagrame Feynman*. Fiecare diagramă reprezintă o contribuție matematică ce necesită o evaluare atentă, iar în finalul calculului toți aceşti termeni trebuie însumați. Pentru a determina contribuțiile cuantice la proprietățile magnetice ale electronilor (momentul dipolar al electronului), cercetătorii au trebuit să evalueze mai mult de douăsprezece mii de diagrame Feynman. Acordul spectaculos dintre aceste calcule şi măsurătorile experimentale se numără printre cele mai mari triumfuri ale fizicii cuantice (vezi Tatsumi Aoyama, Masashi Hayakawa, Toichiro Kinoshita, and Makiko Nio, „Tenth-order electron anomalous magnetic moment: Contribution of diagrams without closed lepton loops“, *Physical Review D* 91 [2015]: 033006).
8. Deşi folosesc cărbunele ca analogie, se cuvine să menționăm o deosebire esențială între radiația emisă de arderile obişnuite şi radiația emisă de o gaură neagră. Când cărbunele aprins luminează, radiația este emisă direct de materialul incandescent; prin urmare, radiația poartă o amprentă a substanțelor din care e format cărbunele. Dimpotrivă, materialul care constituie o gaură neagră a fost complet strivit în singularitatea acesteia – şi cu cât gaura neagră e

mai masivă, cu atât distanța dintre singularitate şi orizontul evenimentelor e mai mare –, aşa încât radiația emisă de orizontul evenimentelor nu va conține informații despre compoziția materială a găurii negre. Această diferență e un mod de a înțelege originea aşa-numitului *paradox informațional al găurii negre*. Dacă radiația emisă de o gaură neagră nu depinde de ingredientele specifice din care s-a format, înseamnă că, după ce gaura neagră s-a transformat integral în radiație, informația conținută în acele ingrediente s-a pierdut. O asemenea pierdere de informație ar perturba evoluția cuantică a universului, de aceea fizicienii au încercat timp de decenii să demonstreze că informația nu se pierde. Majoritatea fizicienilor sunt acum de acord că există argumente puternice care susțin că într-adevăr informația se conservă, dar numeroase detalii importante încă mai fac obiectul cercetării.

9. Formula lui Hawking arată că radiația de corp negru emisă de o gaură neagră Schwarzschild (o gaură neagră fără sarcină electrică şi care nu se roteşte) cu masa M este dată de $T_{\text{Hawking}} = hc^3/16\pi^2 GMk_b$ (h este constanta lui Planck, c este viteza luminii, G este constanta gravitațională a lui Newton, iar k_b este constanta lui Boltzmann). S.W. Hawking, „Particle Creation by Black Holes“, *Communications in Mathematical Physics* 43 (1975): 199–220.
10. Don N. Page, „Particle emission rates from a black hole: Massless particles from an uncharged, nonrotating hole“, *Physical Review D* 13 nr. 2 (1976), 198–206. Numerele citate actualizează calculul lui Page pe baza unor evaluări mai recente ale proprietăților particulelor, în primul

rând o masă diferită de zero pentru neutrini.

11. Mai precis, o sferă a cărei rază nu e mai mare decât aşa-numita rază Schwarzschild, a cărei formă matematică în funcție de masa M este $R_{\text{Schwarzschild}} = 2GM/c^2$.
12. De reținut că mă refer la ceea ce s-ar putea numi *densitatea medie efectivă* a unei găuri negre: masa ei totală împărțită la volumul total conținut într-o sferă cu raza egală cu cea a orizontului evenimentelor. Noțiunea este utilă intuitiv, dar, aşa cum cititorul specialist va recunoaşte, în cel mai bun caz în scop euristic. Când se formează o gaură neagră, direcția radială în interiorul orizontului evenimentelor devine de tip temporal, aşa încât noțiunea de volum spațial interior al unei găuri negre devine mai subtilă (şi, de fapt, devine divergentă). Mai mult, masa găurii negre nu umple în mod uniform un asemenea volum, prin urmare densitatea medie pe care am calculat-o nu se realizează fizic. Totuşi, densitatea medie a unei găuri negre, aşa cum am definit-o, oferă o idee intuitivă pentru a lămuri de ce găurile negre mai mari produc medii externe mai puțin extreme şi generează radiație Hawking cu temperaturi mai joase.
13. În capitolul precedent am observat că expansiunea accelerată a spațiului generează o temperatură de fond infimă, dar constantă, de aproximativ 10^{-30} K. Temperatura unei găuri negre cu o masă mai mare decât aproximativ 10^{23} mase solare ar fi mai mică decât temperatura ambientală a spațiului în viitorul îndepărtat. Dar o asemenea gaură neagră ar fi mai mare decât însuşi orizontul cosmologic.
14. Conform matematicii, atunci când traversează câmpul Higgs, fotonii nu întâmpină nici o

rezistență, ceea ce face ca ei să nu aibă masă, iar câmpul Higgs să fie invizibil.

15. Peter Higgs în „What Is Space?“ – primul episod din documentarul *NOVA* în patru părți *The Fabric of the Cosmos*, bazat pe cartea cu acelaşi nume. Şi alți fizicieni au dezvoltat idei similare cu ale lui Higgs cam în acelaşi timp, între aceştia numărându-se Robert Brout şi François Englert; Gerald Guralnik, C. Richard Hagen şi Tom Kibble. Higgs şi Englert au împărțit Premiul Nobel pentru contribuția lor.
16. Există mai puțină semnificație în numărul acesta decât ar putea să pară. Valoarea 246 (sau, mai precis, 246,22 GeV, unde GeV reprezintă unitatea convențională pentru energie, gigaelectron volt) depinde de convențiile matematice pe care le invocă în general fizicienii. Convenții mai puțin standard ar produce o fizică echivalentă, dar cu valori numerice diferite.
17. Sidney Coleman, „Fate of the False Vacuum“, *Physical Review D* 15 (1977): 2929; Erratum, *Physical Review D* 16 (1977): 1248.
18. Mai precis, sfera s-ar extinde la început lent, după care viteza ei s-ar apropia rapid de cea a luminii.
19. A. Andreassen, W. Frost şi M.D. Schwartz, „Scale Invariant Instantons and the Complete Lifetime of the Standard Model“, *Physical Review D* 97 (2018): 056006.
20. Posibilitatea ca universul nostru să fi apărut dintr-o baie uniformă, cu entropie înaltă, de particule care se agită şi se ciocnesc în vid, în care o tranziție spontană rară către o stare cu entropie mai scăzută a produs structurile ordonate pe care le vedem, a fost sugerată de Ludwig Boltzmann în două articole (Ludwig Boltzmann,

„On Certain Questions of the Theory of Gases“, *Nature* 51 [1895]: 1322, 413–415; Ludwig Boltzmann, „*Entgegnung auf die wärmetheoretischen Betrachtungen des Hrn. E. Zermelo*“, *Annalen der Physik* 57 [1896]: 773–784). Mai târziu, Arthur Eddington a precizat că, deoarece scăderi mai puțin semnificative ale entropiei sunt mai probabile, sunt şanse mult mai mari ca o astfel de fluctuație să nu producă un întreg univers plin cu stele, planete şi oameni – o scădere mare a entropiei –, ci doar „fizicieni matematicieni“ (observatori angajați în aceleaşi experimente mentale pe care le explora el) într-un mediu altminteri dezorganizat (A. Eddington, „The End of the World: From the Standpoint of Mathematical Physics“, *Nature* 127, nr. 1931 [3203]: 447–453). Mult mai târziu, noțiunea de „fizicieni matematicieni“ a fost restrânsă la o scădere entropică şi mai modestă – pentru a da naştere doar componentelor cugetătoare ale observatorilor, numite „creiere Boltzmann“ (din câte ştiu, termenul a fost utilizat explicit pentru prima oară în A. Albrecht şi L. Sorbo, „Can the Universe Afford Inflation?“, *Physical Review D* 70 [2004]: 063528).

21. Din motive subliniate în capitol, mă voi concentra asupra creării spontane a unor structuri care pot gândi – creiere Boltzmann – dar crearea spontană a unor întregi noi universuri sau recrearea spontană a condițiilor care au declanşat expansiunea cosmologică inflaționară merită de asemenea atenție. Pentru a evita să supraîncarc capitolul, examinez astfel de posibilități în notele 22 şi 34.
22. Cititorul specialist îşi va da seama că omit deopotrivă subtilitățile şi controversele. Nu există

un consens privind modul de calcul al probabilităților diverselor fluctuații cosmologice la care mă refer. În L. Dyson, M. Kleban şi L. Susskind, „Disturbing Implications of a Cosmological Constant“, *Journal of High Energy Physics* 0210 (2002): 011, Leonard Susskind şi colaboratorii au susținut o abordare bazată pe o idee anterioară a lui Susskind numită „complementaritatea orizontului“. Să ne aducem aminte că datorită expansiunii accelerate a spațiului suntem înconjurați de un orizont cosmologic îndepărtat. Locurile aflate mai departe decât orizontul cosmologic se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât a luminii, prin urmare nu există nici o posibilitate să fim influențați de ceva aflat la acea distanță sau mai departe. Susskind, motivat de această izolare (şi de lucrările sale anterioare despre găurile negre, care au propria lor varietate de orizont), susține că trebuie luate în considerare doar procesele fizice care au loc în „parcela cauzală“ [*causal patch*] a noastră – ne-o putem imagina ca pe regiunea spațiului aflată în interiorul orizontului nostru cosmologic – excluzând de facto toată fizica din întinderea posibil infinită a spațiului aflat dincolo de orizont. Mai precis, Susskind susține că fizica din exteriorul parcelei noastre cauzale e redundantă cu fizica din interiorul acesteia (la fel cum descrierile ondulatorie şi corpusculară din mecanica cuantică sunt două moduri complementare de a discuta aceeaşi fizică, fizica din interiorul şi cea din exteriorul parcelei ar fi de asemenea moduri complementare de a discuta aceeaşi fizică). Cu această presupunere, realitatea e considerată o parcelă finită a spațiului, cu o

constantă cosmologică fixată, A, producând o temperatură $T \sim \sqrt{\Lambda}$ – oarecum asemănător cazului canonic al gazului fierbinte dintr-o cutie, studiat în mecanica statistică elementară. Calculul probabilităților relative a două macrostări diferite se reduce atunci la efectuarea raportului dintre numerele de microstări asociate fiecărei macrostări. Altfel spus, probabilitatea unei anumite configurații e proporțională cu exponențiala entropiei sale. Cu această abordare, Susskind şi colaboratorii au observat că reunirea particulelor din parcela noastră pentru a produce condițiile necesare pentru un big bang inflaționar e mult mai puțin probabilă (fiindcă are entropie joasă) decât reunirea lor, pentru a produce direct lumea pe care o cunoaştem, de la stele la oameni (fiindcă o astfel de configurație are entropie mai înaltă). O altă abordare pentru calculul probabilităților e sugerată în A. Albrecht şi L. Sorbo, „Can the Universe Afford Inflation? “, *Physical Review D* 70 (2004): 063528, care se bazează pe inflația apărută dintr-un eveniment local de tunelare cuantică. Abordarea aceasta furnizează probabilități radical diferite. Albrecht şi Sorbo consideră fluctuații către o entropie mai joasă – o regiune care ulterior va suferi o inflație – într-un mediu care are el însuşi o entropie înaltă; aceasta face ca întreaga configurație să aibă entropie înaltă, mărind probabilitățile. Susskind şi colaboratorii examinează doar entropia din interiorul fluctuației, argumentând că, deoarece ulterior regiunea va suferi o inflație, tot ce e în exteriorul regiunii se află dincolo de orizontul său cosmologic, deci poate fi ignorat. Entropia totală mai joasă pe care Susskind şi colaboratorii o atribuie fluctuației reduce drastic

probabilitatea producerii sale.

23. În nota 9 de la capitolul 2, am explicat că entropia unui sistem se defineşte mai adecvat ca logaritmul natural al numărului de stări cuantice accesibile. Prin urmare, dacă un sistem are entropia S, numărul acestor stări este e^S. Dacă presupunem că un sistem petrece aproape acelaşi timp în oricare din microstările compatibile cu macrostarea sa, atunci probabilitatea P a unei fluctuații dintr-o stare inițială cu entropia S_1 într-o stare finală cu entropia S_2 este dată de raportul dintre numerele de microstări asociate cu fiecare, deci $P = e^{S2}/e^{S1} = e^{(S2-S1)}$. Pentru claritate, să scriem $S_2 = S_1 - D$, unde D reprezintă „scăderea“ entropiei de la valoarea inițială S_1. Atunci $P = e^{-D}$, unde vedem descreşterea exponențială a probabilității ca o funcție de scădere a entropiei. Care este atunci probabilitatea de formare a unui creier Boltzmann? Ei bine, la temperatura T particulele din baia termică au energii foarte apropiate de T (folosind un sistem de unități în care $k_B = 1$), şi pentru a construi un creier cu masa M trebuie să decantăm aproximativ M/T asemenea particule (folosind un sistem de unități în care $c = 1$). Întrucât entropia băii ține evidența numărului de particule, scăderea D este în esență egală cu M/T, deci probabilitatea este aproximativ $e^{-M/T}$. Pentru un exemplu deosebit de relevant, să ne îndreptăm atenția asupra viitorului foarte îndepărtat şi să luăm T egal cu temperatura băii termice care rezultă din orizontul cosmologic, aproximativ 10^{-30} K, circa 10^{-41} GeV (unde un GeV, un gigaelectronvolt, este aproximativ egal cu echivalentul energetic al masei unui proton). Deoarece un creier conține în jur de 10^{27} protoni, M/T este aproximativ $10^{27}/10^{-}$

$^{41} = 10^{68}$. Probabilitatea formării spontane a unui creier este aşadar aproximativ $e^{-10^{68}}$. Timpul necesar pentru a avea o şansă rezonabilă ca un asemenea eveniment rar să se producă este proporțional cu $1/e^{-10^{68}}$, adică $e^{10^{68}}$, număr pe care în capitolul acesta, pentru simplitate, îl aproximăm cu $10^{10^{68}}$.

24. Deşi se prea poate ca timpul să fie nelimitat, există o scară de timp relevantă, naturală, dar finită, numită „timp de recurență“. Discut aspectul acesta în nota 34, astfel încât aici e suficient să spun că timpul de recurență e atât de lung, încât numărul de creiere Boltzmann care vor apărea înainte să atingem acea limită e enorm, în pofida ratei lor infime de formare.
25. Cititorul foarte atent îşi va da seama că invocăm implicit principiul indiferenței prezentat în nota 8 de la capitolul 3. Altfel spus, când examinez originea creierului meu, atribui probabilități egale fiecărei încarnări care are aceeaşi configurație fizică. Deoarece aproape toate se vor fi format în maniera Boltzmannian, e foarte puțin probabil ca povestea obişnuită pe care o spun despre apariția creierului meu să fie adevărată. Totuşi, la fel ca în nota 8 de la capitolul 3, putem contesta utilizarea principiului indiferenței în situații care nu seamănă deloc cu acelea în care principiul a fost verificat empiric (aruncarea monedelor sau a zarurilor, şi marea varietate de situații aleatorii cu care ne întâlnim în viața de zi cu zi). Cu toate acestea, numeroşi cosmologi influenți nu sunt satisfăcuți de această abordare şi de aceea consideră că enigmele creierului Boltzmann pe care le descriu în capitol sunt un motiv serios de preocupare.
26. Vezi David Albert, *Time and Chance* (Cambridge, MA: Harvard University Press,

2000), 116; Brian Greene, *The Fabric of the Cosmos* (New York: Vintage, 2005), 168.

27. Permiteți-mi să menționez alte două abordări înrudite pentru rezolvarea problemei. Una constă în a ne imagina că în decursul timpului „constantele“ naturii se modifică în aşa fel încât procesele fizice necesare pentru a forma creierele Boltzmann sunt suprimate. Vezi, de exemplu, Steven Carlip, „Transient Observers and Variable Constants, or Repelling the Invasion of the Boltzmann's Brains“, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 06 (2007): 001. O alta, susținută de Sean Carroll şi colaboratorii, este că fluctuațiile necesare pentru formarea creierelor Boltzmann nu apar într-o tratare cuantică riguroasă (K.K. Boddy, S.M. Carroll şi J. Pollack, „De Sitter Space Without Dynamical Quantum Fluctuations“, *Foundations of Physics* 46, nr. 6 [2016]: 702).

28. Vezi, de exemplu, A. Ceresole, G. Dall'Agata, A. Giryavets *et al.*, „Domain walls, near-BPS bubbles, and probabilities in the landscape“, *Physical Review D* 74 (2006): 086010. Fizicianul Don Page a adoptat o abordare diferită pentru a formula problema creierelor Boltzmann, observând că în orice volum spațial finit aflat în expansiune accelerată, precum al nostru, vor exista – într-un timp nelimitat – un număr nelimitat de creiere create spontan. Pentru a evita ca creierele noastre să fie membri atipici în volumul acesta în expansiune, Page sugerează că regiunea noastră nu dispune de un timp nelimitat, ci se îndreaptă spre o distrugere de un fel sau altul. Calculele sale (Don N. Page, „Is our universe decaying at an astronomical rate?“, *Physics Letters B* 669 [2008]: 197–200) arată că

durata maximă de viață a universului nostru ar putea fi de numai douăzeci de miliarde de ani. Alți fizicieni (vezi, de exemplu, R. Bousso şi B. Freivogel, „A Paradox in the Global Description of the Multiverse“, *Journal of High Energy Physics* 6 [2007]: 018; A. Linde, „Sinks in the Landscape, Boltzmann Brains, and the Cosmological Constant Problem“, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 0701 [2007]: 022; A. Vilenkin, „Predictions from Quantum Cosmology“, *Physical Review Letters* 74 [1995]: 846) au sugerat alte modalități de a evita problema creierelor Boltzmann, folosind formalisme matematice diferite pentru calculul probabilității cu care se vor forma. Pe scurt, rămân multe dezacorduri privind calculul probabilității acestui tip de procese, fără îndoială o sursă rodnică de controverse pentru stimularea unor cercetări viitoare.

29. Kimberly K. Boddy şi Sean M. Carroll, „Can the Higgs Boson Save Us from the Menace of the Boltzmann Brains?“, 2013, arXiv:1308.468.
30. Cel puțin, aceasta e povestea spusă de ecuațiile lui Einstein. Pentru a determina dacă puternica implozie va fi cu adevărat sfârşitul, sau dacă vreun proces exotic n-o va opri în ultimul moment, e nevoie de o tratare cuantică completă a gravitației. Consensul general actual e că tunelarea către o valoare negativă produce o stare terminală – în acel domeniu, un adevărat sfârşit al timpului.
31. Paul J. Steinhardt şi Neil Turok, „The cyclic model simplified“, *New Astronomy Reviews* 49 (2005): 43–57; Anna Ijjas şi Paul Steinhardt, „A New Kind of Cyclic Universe“ (2019): arXiv:1904.0822[gr-qc].

32. Alexander Friedmann, trad. Brian Doyle, „On the Curvature of Space“, *Zeitschrift für Physik* 10 (1922): 377–386; Richard C. Tolman, „On the problem of the entropy of the universe as a whole“, *Physical Review* 37 (1931): 1639–1660; Richard C. Tolman, „On the theoretical requirements for a periodic behavior of the universe“, *Physical Review* 38 (1931): 1758–1771.
33. Foarte probabil, însă cazul nu va fi complet soluționat. Motivul este că paradigma inflaționară e compatibilă şi cu absența undelor gravitaționale primordiale: modelele care reduc scara energetică a inflației vor produce unde prea slabe pentru a fi observate. Unii cercetători ar susține zgomotos că asemenea modele sunt nenaturale, deci mai puțin convingătoare decât modelul ciclic. Dar aceasta e o judecată calitativă asupra căreia cercetători diferiți vor avea opinii diferite. Datele posibile la care mă refer (sau, de fapt, absența lor) vor iniția cu siguranță o dezbatere aprinsă în comunitatea fizicienilor între adepții acestor două teorii cosmologice, dar e improbabil ca scenariul inflaționar să fie abandonat.
34. Deşi în capitol ne-ar fi îndepărtat prea mult de subiect, voi observa aici că există o versiune a cosmologiei ciclice care poate decurge şi din scenarii cosmologice mai standard. Chiar dacă diferă substanțial de abordarea ciclică tocmai descrisă, cosmologia aceasta implică episoade secvențiale, dar la scări de timp considerabil mai lungi şi apărând printr-un mecanism complet diferit. Baza fizică a fost dedusă spre sfârşitul secolului XIX de matematicianul Henri Poincaré, iar acum e numită *Teorema de Recurență a lui Poincaré*. Pentru a înțelege esența teoremei, să ne

gândim că amestecăm un pachet de cărți. Fiindcă există doar un număr finit de ordonări ale cărților (un număr enorm, ce-i drept, dar categoric finit), dacă vom continua să le amestecăm, mai devreme sau mai târziu ordinea cărților trebuie să se repete. Poincaré şi-a dat seama că şi în cazul, să zicem, al moleculelor de apă care se agită într-un recipient, un tip similar de repetiție va avea de asemenea loc cu siguranță. De pildă, să ne imaginăm că plasez un grup compact de molecule de abur într-un colț al recipientului, după care le las să se disperseze. Ele vor umple rapid recipientul şi pentru un timp spectaculos de îndelungat vor păstra o aparență uniformă, continuând să se mişte aleatoriu prin spațiul disponibil. Dar, dacă aşteptăm suficient de mult, moleculele vor migra întâmplător spre configurații mai ordonate, cu entropie mai joasă. Poincaré a mers mai departe. El a argumentat că prin mişcările lor aleatorii moleculele se vor apropia arbitrar de mult de configurația inițială: o grupare compactă într-un colț al recipientului. Raționamentul, deşi tehnic, e similar cu modul în care am conchis că ordinea unui pachet de cărți amestecate la nesfârşit trebuie să se repete. O listă interminabilă cu pozițiile şi vitezele aleatorii ale unor particule se va repeta de asemenea în mod necesar. Am putea fi sceptici în privința acestei afirmații – în fond, spre deosebire de amestecarea cărților de joc, pentru moleculele de abur din recipient există un număr infinit de configurații diferite. Dar Poincaré a ținut seama de această complicație şi nu a susținut o recreare exactă a unei configurații anterioare, ci doar una arbitrar de apropiată. Cu cât recrearea dorită e mai precisă, cu atât va trebui să aşteptăm mai

mult ca ea să aibă loc, dar, indiferent de gradul de toleranță, particulele vor recrea configurația anterioară în limitele specificate.
Deşi raționamentul lui Poincaré a fost clasic, în anii 1950 teorema lui a fost extinsă la mecanica cuantică. Dacă pornim de la un sistem închis ale cărui particule au anumite probabilități de a se afla în anumite poziții, şi îi permitem să evolueze un timp suficient de lung, probabilitățile se vor apropia arbitrar de mult de valorile lor inițiale, un ciclu care de asemenea se va repeta indefinit. Esențial pentru argumentul lui Poincaré, în versiunea clasică şi cuantică, este faptul că aburul e închis într-un recipient. Altminteri, moleculele ar continua să se disperseze, fără a mai reveni vreodată. Deoarece universul nu e un recipient închis, s-ar putea crede că teorema nu are relevanță cosmologică. Aşa cum am văzut însă în nota 22 din acest capitol, Leonard Susskind a arătat că un orizont cosmologic acționează efectiv ca pereții unui recipient: el limitează partea de univers cu care putem interacționa la o dimensiune finită, făcând ca teorema lui Poincaré să fie aplicabilă. Şi aşa cum aburul din recipient va reveni, după perioade extraordinar de lungi, arbitrar de aproape de orice configurație dată, la fel se va întâmpla şi cu condițiile din interiorul orizontului nostru cosmologic: orice configurație dată a particulelor şi câmpurilor se va realiza iar şi iar, cu orice precizie dorită. Este o versiune concretă a eternei reîntoarceri. Pe baza dimensiunii orizontului nostru cosmologic, putem calcula timpul necesar pentru recurențe, iar rezultatul este cea mai lungă durată cu care ne-am întâlnit până acum – aproximativ $10^{10^{10^{120}}}$ ani.
E inevitabil să ne gândim la asemenea recurențe

în termeni tereştri. Fiecare dintre cei o sută de miliarde de oameni care au trăit şi au murit au fost configurații de particule. Dacă acele configurații vor fi realizate din nou, atunci această idee duce către locuri pe care ştiința în general le evită cu străşnicie. Dar înainte de a ne lăsa purtați prea departe să observăm că, aşa cum am văzut, scăderile spontane ale entropiei pot să amenințe însăşi baza cunoaşterii raționale. Dacă o reconfigurare aleatorie a particulelor şi câmpurilor declanşează o nouă evoluție cosmologică – un nou big bang – care în cele din urmă produce stele, planete şi oameni, e un lucru. Dar dacă se dovedeşte că există o probabilitate mai mare de a recrea spontan condiții precum cele din universul actual – fără big bang şi fără evoluție cosmologică –, ne vom găsi în aceeaşi încurcătură ca în cazul creierelor Boltzmann. Chiar dacă universul nostru a apărut în maniera cosmologică descrisă în capitolele anterioare, privind către viitorul îndepărtat vom conchide că imensa majoritate a observatorilor la fel ca noi (unii care vor avea amintiri identice cu ale noastre şi vor afirma că sunt noi) nu au apărut prin acea succesiune cosmologică. Dar ei aşa vor crede. La fel ca în cazul creierelor Boltzmann, vom intra într-un impas epistemologic. S-ar putea sugera că aceasta nu va submina percepția *noastră* asupra realității – voi, eu şi toate lucrurile familiare putem fi rezultatul unei evoluții cosmologice *bona fide*. Dar ideea tulburătoare e că oricine în viitor va putea accepta aceeaşi poveste consolatoare, şi totuşi cei mai mulți se vor înşela. Dat fiind că de-a lungul timpului imensa majoritate a observatorilor nu vor proveni dintr-o evoluție cosmologică standard, avem

nevoie de un argument convingător că nu suntem printre cei iluzionați. Fizicienii au încercat să formuleze un asemenea argument, dar până în prezent nici unul nu s-a bucurat de o largă acceptare. O parte a problemei este că încă nu înțelegem pe deplin unificarea mecanicii cuantice cu gravitația, astfel încât schemele noastre de calcul sunt incerte. Confruntați cu această situație, unii fizicieni, îndeosebi Susskind, au sugerat că constanta cosmologică s-ar putea să nu fie o constantă veritabilă. La urma urmei, dacă în viitorul îndepărtat constanta cosmologică se disipează, era expansiunii accelerate va lua sfârşit, şi orizontul cosmologic va dispărea. Am scăpa astfel de recurențele lui Poincaré. Juriul aşteaptă observațiile care, într-o viziune optimistă, vor arunca lumină asupra acestui posibil viitor.

35. Deoarece expansiunea inflaționară începe cu o regiune minusculă a spațiului care se extinde rapid sub acțiunea gravitației repulsive, s-ar putea crede că domeniul rezultant va avea în mod necesar o dimensiune finită. În fond, oricât de mult ai întinde ceva finit, tot finit va rămâne. Dar realitatea e mai complicată. În formularea standard a inflației, din amestecul spațiului cu timpul rezultă că observatori aflați *în interiorul* unei regiuni spațiale supuse inflației pot percepe o întindere *infinită*. Explic mai detaliat aspectul acesta în capitolul 2 din *The Hidden Reality*, la care îl trimit pe cititorul interesat. Să remarcăm de asemenea că cosmologia inflaționară poate produce un multivers distinct, dar înrudit: o trăsătură comună multor scenarii inflaționare este că expansiunea inflaționară nu e un eveniment unic. Dimpotrivă, explozii distincte de

expansiune inflaționară pot produce multe – în general infinit de multe – universuri în expansiune, al nostru fiind doar unul din această mulțime vastă. Mulțimea acestor universuri poartă numele de multivers inflaționar şi apare din ceea ce se numeşte inflație eternă. Aspecte ale descrierii multiversului pe care o prezint în acest capitol se aplică în egală măsură multiversului inflaționar. Pentru detalii vezi capitolul 3 din *The Hidden Reality*.

36. Pentru a evita interacțiunile la granițe, fiecare asemenea regiune poate fi înconjurată cu o zonă tampon suficient de mare, care să asigure că nu există nici un contact între regiuni.
37. Jaume Garriga şi Alexander Vilenkin, „Many Worlds in One“, *Physical Review D* 64, nr. 4 (2001): 043511. Vezi de asemenea J. Garriga, V.F. Mukhanov, K.D. Olum şi A. Vilenkin, „Eternal Inflation, Black Holes, and the Future of Civilizations“, *International Journal of Theoretical Physics* 39, nr. 7 (2000): 1887–1900, precum şi cartea de popularizare, Alex Vilenkin, *Many Worlds in One* (New York: Hill and Wang, 2006).

11. Nobleţea fiinţei

1. Rolul evoluției în modelarea eticii a fost discutat în E.O. Wilson, *Sociobiology: The New Synthesis* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975), care a inițiat o nouă paradigmă pentru analiza comportamentului uman în general şi a moralității umane în particular. Pentru o expunere detaliată a stadiilor posibile în evoluția moralității umane, vezi P. Kitcher, „Biology and Ethics“, în *The Oxford Handbook of Ethical Theory* (Oxford: Oxford University Press, 2006), 163–185 şi P.

Kitcher, „Between Fragile Altruism and Morality: Evolution and the Emergence of Normative Guidance“, *Evolutionary Ethics and Contemporary Biology* (2006): 159–177.

2. T. Nagel, *Mortal Questions* (Cambridge: Cambridge University Press, 1979), 142–146.
3. Vezi, de exemplu, J. Haidt, „The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment“, *Psychological Review* 108, nr. 4 (2001): 814–834, şi Jonathan Haidt, *The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion* (New York: Pantheon Books, 2012).
4. Jorge Luis Borges, „The Immortal”, în *Labyrinths: Selected Stories and Other Writings* (New York: New Directions Paperbook, 2017), 115. Alte cărți la care se face referire în acest paragraf sunt Jonathan Swift, *Gulliver's Travels* (New York: W.W. Norton, 1997); Karel Čapek, *The Makropulos Case*, în *Four Plays: R.U.R.; The Insect Play; The Makropulos Case; The White Plague* (London: Bloomsbury, 2014).
5. Bernard Williams, *Problems of the Self* (Cambridge: Cambridge University Press, 1973).
6. Aaron Smuts, „Immortality and Significance“, *Philosophy and Literature* 35, nr. 1 (2011): 134–149.
7. Samuel Scheffler, *Death and the Afterlife* (New York: Oxford University Press, 2016), 59–60.
8. „Încrederea noastră în continuitatea rasei umane joacă un rol enorm, deşi preponderent tacit, în modul în care ne concepem activitățile şi le înțelegem valoarea“, spunea Wolf. Samuel Scheffler, „The Significance of Doomsday”, *Death and the Afterlife* (New York: Oxford University Press, 2016), 113.

9. Harry Frankfurt, „How the Afterlife Matters“, în Samuel Scheffler, *Death and the Afterlife* (New York: Oxford University Press, 2016), 136.
10. Adepții concepției lumilor multiple în mecanica cuantică ar putea prezenta această descriere într-o lumină diferită. Dacă toate rezultatele posibile se întâmplă într-o lume sau alta, lumea aceasta a fost predestinată. Dar faptul că printre rezultatele posibile se află ansambluri de particule conştiente de sine nu e prin aceasta mai puțin extraordinar.

Bibliografie

Aaronson, Scott, „Why I Am Not an Integrated Information Theorist (or, The Unconscious Expander)“, *Shtetl-Optimized.* https://www.scottaaronson .com/blog/?p = 1799

Abbot, P., J. Abe, J. Alcock *et al.*, „Inclusive fitness theory and eusociality“, *Nature* 471 (2010): E1–E4

Adams, Douglas, *Life, the Universe and Everything*, New York: Del Rey, 2005

Adams, Fred C. şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects“, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 337–372

———, *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity*, New York: Free Press, 1999

Albert, David, *Time and Chance*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000

Alberts, Bruce *et al.*, *Molecular Biology of the Cell*, 5th ed. New York: Garland Science, 2007

Albrecht, A. şi L. Sorbo, „Can the Universe Afford Inflation?“, *Physical Review D* 70 (2004): 063528

Albrecht, A. şi P. Steinhardt, „Cosmology for Grand Unified Theories with Radiatively Induced Symmetry Breaking“, *Physical Review Letters* 48 (1982): 1220

Andreassen, A., W. Frost şi M.D. Schwartz, „Scale Invariant Instantons and the Complete Lifetime of the Standard Model“, *Physical Review D* 97 (2018): 056006

Aoyama, Tatsumi, Masashi Hayakawa, Toichiro

Kinoshita şi Makiko Nio, „Tenth-order electron anomalous magnetic moment: Contribution of diagrams without closed lepton loops“, *Physical Review D* 91 (2015): 033006

Aquinas, T., *Truth*, vol. II, trad. de James V. McGlynn, S.J. Chicago: Henry Regnery Company, 1953

Ariès, Philippe, *The Hour of Our Death*, trad. de Helen Weaver, New York: Alfred A. Knopf, 1981

Aristotle, *Nicomachean Ethics*, trad. de C.D.C. Reeve, Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2014 [Aristotel, *Etica Nicomahică*, trad. Stella Petecel, Editura IRI, Bucureşti, 1998]

Armstrong, Karen, *A Short History of Myth*, Melbourne: The Text Publishing Company, 2005 [*O scurtă istorie a mitului*, trad. Mirella Acsente, Ed. Corint, 2008]

Arnulf, Isabelle, Colette Buda şi Jean-Pierre Sastre, „Michel Jouvet: An explorer of dreams and a great storyteller“, *Sleep Medicine* 49 (2018): 4–9

Atran, Scott, *In Gods We Trust: The Evolutionary Landscape of Religion*, Oxford: Oxford University Press, 2002

Augustine, *Confessions*, trad. de F.J. Sheed. Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2006 [Sf. Augustin, *Confesiuni*, trad. Eugen Munteanu, Ed. Nemira, Bucureşti 2000]

Auton, A., L. Brooks, R. Durbin *et al.*, „A global reference for human genetic variation“, *Nature* 526, nr. 7571 (octombrie 2015): 68–74

Axelrod, Robert, *The Evolution of Cooperation*, ed. rev., New York: Perseus Books Group, 2006

Axelrod, Robert şi William D. Hamilton, „The Evolution of Cooperation“, *Science* 211 (March 1981): 1390–1396

Baars, Bernard J., *In the Theater of Consciousness*,

New York: Oxford University Press, 1997
Barrett, Justin L. *Why Would Anyone Believe in God?*, Lanham, MD: AltaMira, 2004
Barrow, John D. şi Sigbjørn Hervik, „Indefinite information processing in ever-expanding universes“, *Physics Letters B* 566, nos. 1–2 (24 iulie 2003): 1–7
Barrow, John D. şi Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford: Oxford University Press, 1988 [*Principiul antropic cosmologic*, trad. Walter Fotescu, Ed. Tehnică, Bucureşti, 2001]
Becker, Ernest, *The Denial of Death*, New York: Free Press, 1973
Bekenstein, Jacob D., „Black Holes and Entropy“, *Physical Review D* 7 (15 aprilie 1973): 2333
Bellow, Saul, conferință Nobel, 12 decembrie 1976, în *Nobel Lectures, Literature 1968–1980*, ed. Sture Allén, Singapore: World Scientific Publishing Co., 1993
Bennett, Charles H. şi Rolf Landauer, „The Fundamental Physical Limits of Computation“, *Scientific American* 253, nr. 1 (iulie 1985)
Bering, Jesse, *The Belief Instinct*, New York: W.W. Norton, 2011
Berwick, R. şi N. Chomsky, *Why Only Us*, Cambridge, MA: MIT Press, 2015
Bierce, Ambrose, *The Devil's Dictionary*, Mount Vernon, NY: The Peter Pauper Press, 1958 [*Dicționarul Diavolului*, trad. Silvia Constantin, Ed. Aldo Press, 2004]
Bigham, Abigail *et al.*, „Identifying signatures of natural selection in Tibetan and Andean populations using dense genome scan data“, *PLoS Genetics* 6, nr. 9 (9 septembrie 2010): e1001116

Blackmore, Susan, *The Meme Machine*, Oxford: Oxford University Press, 1999

Boddy, Kimberly K. şi Sean M. Carroll, „Can the Higgs Boson Save Us from the Menace of the Boltzmann Brains?“, 2013. arXiv:1308.468

Boddy, K.K., S.M. Carroll şi J. Pollack, „De Sitter Space Without Dynamical Quantum Fluctuations“, *Foundations of Physics* 46, nr. 6 (2016): 702

Boltzmann, Ludwig, „On Certain Questions of the Theory of Gases“, *Nature* 51, nr. 1322 (1895): 413–415

———, *„Entgegnung auf die wärmetheoretischen Betrachtungen des Hrn. E. Zermelo”*, *Annalen der Physik* 57 (1896): 773–84

Borges, Jorge Luis, „The Immortal“, în *Labyrinths: Selected Stories and Other Writings*. New York: New Directions Paperbook, 2017 [Trad. în limba română de Darie Novăceanu, în Jorge Luis Borges, *Opere*, vol. 2, ed. Univers, Bucureşti 1999]

Born, Max, *„Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge“*, *Zeitschrift für Physik* 37, nr. 12 (1926): 863–867

Bousso, R. şi B. Freivogel, „A Paradox in the Global Description of the Multiverse“, *Journal of High Energy Physics* 6 (2007): 018

Boyd, Brian, „The evolution of stories: from mimesis to language, from fact to fiction“, *WIREs Cognitive Science* 9, nr. 1 (2018), e1444–1446

———, „Evolutionary Theories of Art”, în *The Literary Animal: Evolution and the Nature of Narrative*, ed. Jonathan Gottschall şi David Sloan Wilson, Evanston, IL: Northwestern University Press, 2005, 147

———, *On the Origin of Stories*. Cambridge, MA: Belknap Press, 2010

Boyer, Pascal, „Functional Origins of Religious Concepts: Ontological and Strategic Selection in Evolved Minds“, *Journal of the Royal Anthropological Institute* 6, nr. 2 (iunie 2000): 195–214

———, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought*. New York: Basic Books, 2007

Bruner, Jerome, *Making Stories: Law, Literature, Life*, New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002

———, „The Narrative Construction of Reality“, *Critical Inquiry* 18, nr. 1 (toamna 1991): 1–21

Buss, David, *Evolutionary Psychology: The New Science of the Mind*, Boston: Allyn & Bacon, 2012

Cairns-Smith, A.G., *Seven Clues to the Origin of Life*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990

Calaprice, Alice, ed. *The New Quotable Einstein*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005

Caldwell, Robert R., Marc Kamionkowski şi Nevin N. Weinberg, „Phantom Energy and Cosmic Doomsday“, *Physical Review Letters* 91 (2003): 071301

Campbell, Joseph, *The Hero with a Thousand Faces*, Novato, CA: New World Library, 2008

Camus, Albert, *Lyrical and Critical Essays*, trad. Ellen Conroy Kennedy. New York: Vintage Books, 1970

———, *The Myth of Sisyphus*, trad. Justin O'Brien, London: Hamish Hamilton, 1955

Čapek, Karel, *The Makropulos Case*, în *Four Plays: R.U.R.; The Insect Play; The Makropulos Case; The White Plague*, London: Bloomsbury, 2014

Carlip, Steven, „Transient Observers and Variable Constants, or Repelling the Invasion of the Boltzmann's Brains“, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 06 (2007): 001

Carnot, Sadi, *Reflections on the Motive Power of Fire*, Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1960

Carroll, Noël, „The Arts, Emotion şi Evolution“, în *Aesthetics and the Sciences of Mind*, ed. Greg Currie, Matthew Kieran, Aaron Meskin şi Jon Robson. Oxford: Oxford University Press, 2014

Carroll, Sean, *The Big Picture: On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself*, New York: Dutton, 2016 [*Marele Tot*, trad. George Arion jr., Ed. Herald, Bucureşti, 2019]

Carter, B., „Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom“, *Physical Review Letters* 26 (1971): 331

Casals, Pablo, Bach Festival: Prades 1950, citat în Paul Elie. *Reinventing Bach*, New York: Farrar, Straus and Giroux, 2012

Cavosie, A.J., J.W. Valley şi S.A. Wilde, „The Oldest Terrestrial Mineral Record: Thirty Years of Research on Hadean Zircon from Jack Hills, Western Australia“, în *Earth's Oldest Rocks*, ed. M.J. Van Kranendonk, New York: Elsevier, 2018, 255–278

Ceresole, A., G. Dall'Agata, A. Giryavets *et al.*, „Domain walls, near-BPS bubbles, and probabilities in the landscape“, *Physical Review D* 74 (2006): 086010

Chalmers, David J., „Facing Up to the Problem of Consciousness“, *Journal of Consciousness Studies* 2, nr. 3 (1995): 200–219

———, *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*, Oxford: Oxford University

Press, 1997
Chandrasekhar, Subrahmanyan, „The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs“, *Astrophysical Journal* 74 (1931): 81–82
Cheney, Dorothy L. şi Robert M. Seyfarth, *How Monkeys See the World: Inside the Mind of Another Species*, Chicago: University of Chicago Press, 1992
Ćirković, Milan M., „Resource Letter: PEs-1: Physical Eschatology“, *American Journal of Physics* 71 (2003): 122
Cloak, F.T., Jr., „Cultural Microevolution“, *Research Previews* 13 (noiembrie 1966): 7–10
Clottes, Jean, *What Is Paleolithic Art? Cave Paintings and the Dawn of Human Creativity*, Chicago: University of Chicago Press, 2016
Coleman, Sidney, „Fate of the False Vacuum“, *Physical Review D* 15 (1977): 2929; erratum, *Physical Review D* 16 (1977): 1248.
Conrad, Joseph, *The Nigger of the "Narcissus"*, Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1999
Coqueugniot, Hélène *et al.*, „Earliest cranio-encephalic trauma from the Levantine Middle Palaeolithic: 3D reappraisal of the Qafzeh 11 skull, consequences of pediatric brain damage on individual life condition and social care“, *PloS One* 9 (23 iulie 2014): 7 e102822
Crick, F.H.C., Leslie Barnett, S. Brenner şi R.J. Watts-Tobin, „General nature of the genetic code for proteins“, *Nature* 192 (decembrie 1961): 1227–1232
Cronin, H., *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today*, Cambridge: Cambridge University Press, 1991
Crooks, G.E, „Entropy production fluctuation theorem and the nonequilibrium work relation for

free energy differences“, *Physical Review E* 60 (1999): 2721

Damrosch, David, *The Buried Book: The Loss and Rediscovery of the Great Epic of Gilgamesh*, New York: Henry Holt and Company, 2007

Darwin, Charles, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, New York: D. Appleton and Company, 1871

———, *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, Oxford: Oxford University Press, 1998

———, Scrisoare către Alfred Russel Wallace, 27 martie 1869, https://www.darwinproject.ac.uk/letter/?docId=letters/DCP-LETT-6684.xml;query= child;brand=default

———, *The Origin of Species*, New York: Pocket Books, 2008

Davies, Stephen, *The Artful Species: Aesthetics, Art, and Evolution*, Oxford: Oxford University Press, 2012

Dawkins, Richard, *The God Delusion*, New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2006 [*Dumnezeu, o amăgire*, trad. Victor Godeanu, Ed. Curtea Veche, Bucureşti, 2018]

———, *The Selfish Gene*, Oxford: Oxford University Press, 1976 [*Gena egoistă*, trad. Dan Crăciun, Ed. Publica, Bucureşti, 2019]

De Caro, M. şi D. Macarthur, *Naturalism in Question*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004

Deamer, David, *Assembling Life: How Can Life Begin on Earth and Other Habitable Planets?*, Oxford: Oxford University Press, 2018

Dehaene, Stanislas, *Consciousness and the Brain*, New York: Penguin Books, 2014

Dehaene, Stanislas şi Jean-Pierre Changeux, „Experimental and Theoretical Approaches to

Conscious Processing“, *Neuron* 70, nr. 2 (2011): 200–227

Dennett, Daniel, *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon*, New York: Penguin Books, 2006

———, *Consciousness Explained*, Boston: Little, Brown and Co., 1991

———, *Elbow Room*, Cambridge, MA: MIT Press, 1984

———, *Freedom Evolves*, New York: Penguin Books, 2003

———, *The Intentional Stance*, Cambridge, MA: MIT Press, 1989

Deutsch, David, *The Beginning of Infinity: Explanations That Transform the World*, New York: Viking, 2011

Deutscher, Guy, *The Unfolding of Language: An Evolutionary Tour of Mankind's Greatest Invention*, New York: Henry Holt and Company, 2005

Dickinson, Emily, *The Poems of Emily Dickinson*, ed. R.W. Franklin, Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1999

Dissanayake, Ellen, *Art and Intimacy: How the Arts Began*, Seattle: University of Washington Press, 2000

Distin, Kate, *The Selfish Meme: A Critical Reassessment*, Cambridge: Cambridge University Press, 2005

Doniger, Wendy, trad. *The Rig Veda*, New York: Penguin Classics, 2005

Dor, Daniel, *The Instruction of Imagination*, Oxford: Oxford University Press, 2015

Dostoevsky, Fyodor, *Crime and Punishment*, trad. Michael R. Katz, New York: Liveright, 2017, [Dostoievski, Feodor Mihailovici, *Crimă şi*

pedeapsă, trad. Adriana Liciu, Ed. Polirom, Bucureşti, 2011]

Dunbar, R.I.M, „Gossip in Evolutionary Perspective“, *Review of General Psychology* 8, nr. 2 (2004): 100–110

———, *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1997

Dunbar, R.I.M., N.D.C. Duncan şi A. Marriott, „Human Conversational Behavior“, *Human Nature* 8, nr. 3 (1997): 231–246

Dupré, John, „The Miracle of Monism“, în *Naturalism in Question*, ed. Mario de Caro şi David Macarthur, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004

Durant, Will, *The Life of Greece*, vol. 2 din *The Story of Civilization*, New York: Simon & Schuster, 2011. Kindle, 8181–8882

Dutton, Denis, *The Art Instinct*, New York: Bloomsbury Press, 2010

Dyson, Freeman, „Time without end: Physics and biology in an open universe“, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 447–460

Dyson, L., M. Kleban şi L. Susskind, „Disturbing Implications of a Cosmological Constant“, *Journal of High Energy Physics* 0210 (2002): 011

Eddington, A., „The End of the World: From the Standpoint of Mathematical Physics“, *Nature* 127, nr. 3203 (1931): 447–453

Einstein, Albert, *Autobiographical Notes*, La Salle, IL: Open Court Publishing, 1979

Elgendi, Mohamed *et al.*, „Subliminal Priming-State of the Art and Future Perspectives“, *Behavioral Sciences* (Basel, Elveția) 8, nr. 6 (30 mai 2018): 54

Ellenberger, Henri, *The Discovery of the*

Unconscious, New York: Basic Books, 1970

Else, Jon, dir. *The Day After Trinity*, Houston: KETH, 1981

Emerson, Ralph Waldo, *The Conduct of Life*, Boston and New York: Houghton Mifflin Company, 1922

Emler, N., „The Truth About Gossip“, *Social Psychology Section Newsletter* 27 (1992): 23–37

England, J.L., „Statistical physics of self-replication“, *Journal of Chemical Physics* 139 (2013): 121923

Epicur, *The Essential Epicurus*, trad. Eugene O'Connor, Amherst, NY: Prometheus Books, 1993

Falk, Dean. *Finding Our Tongues: Mothers, Infants and the Origins of Language*, New York: Basic Books, 2009

———, „Prelinguistic evolution in early hominins: Whence motherese?“, *Behavioral and Brain Sciences* 27 (2004): 491–541

Fisher, R.A., *The Genetical Theory of Natural Selection*, Oxford: Clarendon Press, 1930

Fisher, Simon E., Faraneh Vargha-Khadem, Kate E. Watkins, Anthony P. Monaco şi Marcus E. Pembrey, „Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder“, *Nature Genetics* 18 (1998): 168–170

Fowler, R.H., „On Dense Matter“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 87, nr. 2 (1926): 114–122

Freese, K. şi W. Kinney, „The ultimate fate of life in an accelerating universe“, *Physics Letters B* 558, nr. 1–2 (10 aprilie 2003): 1–8

Friedmann, Alexander, trad. Brian Doyle, „On the Curvature of Space“, *Zeitschrift für Physik* 10 (1922): 377–386

Frijda, N., A.S.R. Manstead şi S. Bem, „The

influence of emotions on belief“, în *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (Studies in Emotion and Social Interaction), ed. N. Frijda, A. Manstead şi S. Bem, Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 1–9

Frijda, N. şi B. Mesquita, „Beliefs through emotions”, în *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (*Studies in Emotion and Social Interaction*), ed. N. Frijda, A. Manstead şi S. Bem. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 45–77

Fu, Wenqing, Timothy D. O’Connor, Goo Jun *et al.*, „Analysis of 6,515 exomes reveals the recent origin of most human protein-coding variants“, *Nature* 493 (10 ianuarie 2013): 216–220

Garriga, Jaume şi Alexander Vilenkin, „Many Worlds in One“, *Physical Review D* 64, nr. 4 (2001): 043511

Garriga, J., V.F. Mukhanov, K.D. Olum şi A. Vilenkin, „Eternal Inflation, Black Holes, and the Future of Civilizations“, *International Journal of Theoretical Physics* 39, nr. 7 (2000): 1887–1900

George, Andrew, trad., *The Epic of Gilgamesh: The Babylonian Epic Poem and Other Texts in Akkadian and Sumerian*, London: Penguin Classics, 2003

Georgi, Howard şi Sheldon Glashow, „Unity of All Elementary-Particle Forces“, *Physical Review Letters* 32, nr. 8 (1974): 438

Gottschall, Jonathan, *The Storytelling Animal*, Boston and New York: Mariner Books, Houghton Mifflin Harcourt, 2013

Gould, Stephen J., *Conversations About the End of Time*, New York: Fromm International, 1999

———, „The spice of life“, *Leader to Leader* 15 (2000): 14–19

———, *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould*, New York: W.W. Norton, 2006

Gould, S.J. şi R.C. Lewontin, „The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme“, *Proceedings of the Royal Society B*, 205, nr. 1161 (21 septembrie 1979): 581–598

Graziano, M., *Consciousness and the Social Brain*, New York: Oxford University Press, 2013

Greene, Brian, *The Elegant Universe*, New York: Vintage, 2000. [*Universul elegant: supercorzi, dimensiuni ascunse şi căutarea teoriei ultime*, trad. Dragoş Anghel şi Anamirela-Paula Anghel, Humanitas, Bucureşti, 2008]

———, *The Fabric of the Cosmos*, New York: Alfred A. Knopf, 2005

———, *The Hidden Reality*, New York: Alfred A. Knopf, 2011

Greene, Ellen, „Sappho 58: Philosophical Reflections on Death and Aging“, în *The New Sappho on Old Age: Textual and Philosophical Issues*, ed. Ellen Greene şi Marilyn B. Skinner, Hellenic Studies Series 38. Washington, DC: Center for Hellenic Studies, 2009. https://chs.harvard.edu/CHS/article/display/6036.11-ellen-greene-sappho-58-philosophical-reflections-on-death- and-aging #n.1

Greene, Ellen, ed., *Reading Sappho: Contemporary Approaches*, Berkeley: University of California Press, 1996

Guenther, Mathias Georg. *Tricksters and Trancers: Bushman Religion and Society*. Bloomington, IN: Indiana University Press, 1999

Guth, Alan H., „Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems“, *Physical Review D* 23 (1981): 347

———, *The Inflationary Universe*, New York: Basic Books, 1998

Guthrie, Stewart, *Faces in the Clouds: A New Theory of Religion*, New York: Oxford University Press, 1993

Haidt, Jonathan, „The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment“, *Psychological Review* 108, nr. 4 (2001): 814–834

———, *The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion*, New York: Pantheon Books, 2012

Haldane, J.B.S., *The Causes of Evolution*, London: Longmans, Green & Co., 1932

Halligan, Peter şi John Marshall, „Blindsight and insight in visuo-spatial neglect“, *Nature* 336, nr. 6201 (decembrie 22–29, 1988): 766–767

Hameroff, S. şi R. Penrose, „Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory“, *Physics of Life Reviews* 11 (2014): 39–78

Hamilton, W.D., „The Genetical Evolution of Social Behaviour“, *Journal of Theoretical Biology* 7, nr. 1 (1964): 1–16

Harburg, Yip, „E.Y. Harburg, Lecture at UCLA on Lyric Writing, February 3, 1977“, transcriere, pp. 5–7, banda 7-3-10

———, „Yip at the 92nd Street YM-YWHA, December 13, 1970“, transcriere #1-10-3, p. 3, benzile 7-2-10 şi 7-2-20

Hawking, S.W., „Particle Creation by Black Holes“, *Communications in Mathematical Physics* 43 (1975): 199–220

Hawking, Stephen şi Leonard Mlodinow, *The Grand Design*, New York: Bantam Books, 2010 [*Marele plan*, trad. Anca Vişinescu şi Mihai Vişinescu, Humanitas, Bucureşti, 2010]

Hawks, John, Eric T. Wang, Gregory M. Cochran *et al.*, „Recent acceleration of human adaptive evolution“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, nr. 52 (decembrie 2007): 20753–58

Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*, London: Penguin Books, 1958

Hirshfield, Jane, *Nine Gates: Entering the Mind of Poetry*, New York: Harper Perennial, 1998

Hogan, Patrick Colm, *The Mind and Its Stories*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003

Hrdy, Sarah, *Mothers and Others: The Evolutionary Origins of Mutual Understanding*, Cambridge, MA: Belknap Press, 2009

Hulse, R.A. şi J.H. Taylor, „Discovery of a pulsar in a binary system“, *Astrophysical Journal* 195 (1975): L51

Ijjas, Anna şi Paul Steinhardt, „A New Kind of Cyclic Universe“ (2019), arXiv:1904.0822[gr-qc]

Islam, Jamal N., „Possible Ultimate Fate of the Universe“, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 18 (martie 1977): 3–8

Israel, W., „Event Horizons in Static Electrovac Space-Times“, *Communications in Mathematical Physics* 8 (1968): 245

———, „Event Horizons in Static Vacuum Space-Times“, *Physical Review* 164 (1967): 1776

Jackson, Frank, „Epiphenomenal Qualia“, *Philosophical Quarterly* 32 (1982): 127–136.

———, „Postscript on Qualia“, în *Mind, Method, and Conditionals: Selected Essays*, London: Routledge, 1998, 76–79

James, William, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature*, New York: Longmans, Green, and Co., 1905. [*Tipurile*

experientei religioase, trad. Mihaiela Cabulea, Ed. Dacia, Cluj, 1998]

Jarzynski, C., „Nonequilibrium equality for free energy differences“, *Physical Review Letters* 78 (1997): 2690–2693

Jaspers, Karl, *The Origin and Goal of History*, Abingdon, UK: Routledge, 2010

Jeong, Choongwon şi Anna Di Rienzo, „Adaptations to local environments in modern human populations“, *Current Opinion in Genetics & Development* 29 (2014): 1–8

Jones, Barbara E., „The mysteries of sleep and waking unveiled by Michel Jouvet“, *Sleep Medicine* 49 (2018): 14–19

Joordens, Josephine C.A. *et al.*, „*Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving“, *Nature* 518 (12 februarie 2015): 228–231

Jørgensen, Timmi G. şi Ross P. Church, „Stellar escapers from M67 can reach solar-like Galactic orbits“, arxiv .org: arXiv:1905.09586

Joyce, G. F. şi J.W. Szostak, „Protocells and RNA Self-Replication“, *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 10, nr. 9 (2018)

Jung, Carl, „The Soul and Death“, în *Complete Works of C. G. Jung*, ed. Gerald Adler şi R.F.C. Hull, Princeton: Princeton University Press, 1983

Kachman, Tal, Jeremy A. Owen şi Jeremy L. England, „Self-Organized Resonance During Search of a Diverse Chemical Space“, *Physical Review Letters* 119, nr. 3 (2017): 038001–1

Kafka, Franz, *The Blue Octavo Notebooks*, trad. Ernst Kaiser şi Eithne Wilkens, ed. Max Brod, Cambridge, MA: Exact Change, 1991

Keller, Helen, Scrisoare către New York Symphony Orchestra, 2 februarie 1924, Digital archives of

American Foundation for the Blind, filename HK01-07_B114_F08_015_002.tif

Kennedy, J. Gerald, *Poe, Death, and the Life of Writing*, New Haven: Yale University Press, 1987

Kierkegaard, Søren, *The Concept of Dread*, trad. Walter Lowrie, Princeton: Princeton University Press, 1957

Kitcher, P., „Between Fragile Altruism and Morality: Evolution and the Emergence of Normative Guidance“, *Evolutionary Ethics and Contemporary Biology* (2006): 159–177

———, „Biology and Ethics“, în *The Oxford Handbook of Ethical Theory*, Oxford: Oxford University Press, 2006

Klinkhamer, F R. şi N.S. Manton, „A saddle-point solution in the Weinberg-Salam theory“, *Physical Review D* 30 (1984): 2212

Koch, Christof, *Consciousness: Confessions of a Romantic Reductionist*, Cambridge, MA: MIT Press, 2012

Kragh, Helge, „Naming the Big Bang“, *Historical Studies in the Natural Sciences* 44, nr. 1 (februarie 2014): 3–36

Krause, Johannes, Carles Lalueza-Fox, Ludovic Orlando *et al.*, „The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans Was Shared with Neandertals“, *Current Biology* 17 (2007): 1908–1912

Krauss, Lawrence M. şi Glenn D. Starkman, „Life, the Universe, and Nothing: Life and Death in an Ever-Expanding Universe“, *Astrophysical Journal* 531 (2000): 22–30

Krutch, Joseph Wood, „Art, Magic, and Eternity“, *Virginia Quarterly Review* 8, nr. 4 (toamna 1932)

Lai, C.S.L. *et al.*, „A novel forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder“, *Nature* 413 (2001): 519–523

Landon, H.C. Robbins, *Beethoven: A Documentary Study*, New York: Macmillan Publishing Co., Inc., 1970

Laurent, John, „A Note on the Origin of 'Memes'/'Mnemes'", *Journal of Memetics* 3 (1999): 14–19

Lemaître, Georges, „Rencontres avec Einstein", *Revue des questions scientifiques* 129 (1958): 129–132

Leonard, Scott şi Michael McClure. *Myth and Knowing*, New York: McGraw-Hill Higher Education, 2004

Lewis, David, *Papers in Metaphysics and Epistemology*, vol. 2, Cambridge: Cambridge University Press, 1999

———, „What Experience Teaches", *Proceedings of the Russellian Society* 13 (1988): 29–57

Lewis, S.M. şi C.K. Cratsley, „Flash signal evolution, mate choice, and predation in fireflies", *Annual Review of Entomology* 53 (2008): 293–321

Lewis-Williams, David, *The Mind in the Cave: Consciousness and the Origins of Art*, New York: Thames & Hudson, 2002

Linde, A., „A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems", *Physics Letters B* 108 (1982): 389

———, „Sinks in the Landscape, Boltzmann Brains, and the Cosmological Constant Problem", *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 0701 (2007): 022.

Loeb, Abraham, „Cosmology with hypervelocity stars", *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 04 (2011): 023

Loewi, Otto, „An Autobiographical Sketch",

Perspectives in Biology and Medicine 4, nr. 1 (toamna 1960): 3–25

Louie, Kenway şi Matthew A. Wilson, „Temporally Structured Replay of Awake Hippocampal Ensemble Activity during Rapid Eye Movement Sleep“, *Neuron* 29 (2001): 145–156

Mackay, Alan Lindsay, *The Harvest of a Quiet Eye: A Selection of Scientific Quotations*, Bristol: Institute of Physics, 1977

Maddox, Brenda, *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA*, New York: Harper Perennial, 2003

Marcel, Anthony J., „Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition“, *Cognitive Psychology* 15 (1983): 197–237

Martin, W. şi M.J. Russell, „On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367 (2007): 1887–1925

Matthaei, J. Heinrich, Oliver W. Jones, Robert G. Martin şi Marshall W. Nirenberg, „Characteristics and Composition of RNA Coding Units“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 48, nr. 4 (1962): 666–677

Melville, Herman, *Moby-Dick*, Hertfordshire, U.K.: Wordsworth Classics, 1993

Mendez, Fernando L. *et al.*, „The Divergence of Neandertal and Modern Human Y Chromosomes“, *American Journal of Human Genetics* 98, nr. 4 (2016): 728–734

Miller, Geoffrey, *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*, New York: Anchor, 2000

Mitchell, P., „Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi-osmotic type of mechanism“, *Nature* 191 (1961):

144–148
Morrison, Toni, conferință Nobel, 7 decembrie 1993. https:// www .nobelprize .org/ prizes/ literature/1993/ morrison/ lecture/
Müller, Max, trad., *The Upanishads*, Oxford: The Clarendon Press, 1879
Nabokov, Vladimir, *Speak, Memory: An Autobiography Revisited*, New York: Alfred A. Knopf, 1999
Naccache, L. şi S. Dehaene, „The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes“, *Cerebral Cortex* 11, nr. 10 (2001): 966–974
———, „Unconscious Semantic Priming Extends to Novel Unseen Stimuli“, *Cognition* 80, nr. 3 (2001): 215–229
Nagel, Thomas, *Mortal Questions*, Cambridge: Cambridge University Press, 1979
———, „What Is It Like to Be a Bat?“, *Philosophical Review* 83, nr. 4 (1974): 435–450
Nelson, Philip, *Biological Physics: Energy, Information, Life*, New York: W.H. Freeman and Co., 2014
Nemirow, Laurence, „Physicalism and the cognitive role of acquaintance“, în *Mind and Cognition*, ed. W. Lycan. Oxford: Blackwell, 1990, 490–499
———, „Review of Nagel's Mortal Questions“, *Philosophical Review* 89 (1980): 473–477
Newton, Isaac, Scrisoare către Henry Oldenburg, 6 februarie 1671, http:// www .newtonproject.ox.ac.uk/view/texts/normalized/NAT
Nietzsche, Friedrich, *Twilight of the Idols*, trad. Duncan Large, Oxford: Oxford University Press, 1998
Norenzayan, A. şi I.G. Hansen, „Belief in

supernatural agents in the face of death“, *Personality and Social Psychology Bulletin* 32 (2006): 174–187

Nowak, M.A., C.E. Tarnita şi E.O. Wilson, „The evolution of eusociality“, *Nature* 466, nr. 7310 (2010): 1057–1062

Nozick, Robert, *Philosophical Explanations*, Cambridge, MA: Belknap Press, 1983

———, „Philosophy and the Meaning of Life“, în *Life, Death, and Meaning: Key Philosophical Readings on the Big Questions*, ed. David Benatar, Lanham, MD: The Rowman & Littlefield Publishing Group, 2010, 65–92

Nussbaumer, Harry, „Einstein's conversion from his static to an expanding universe“, *European Physics Journal—History* 39 (2014): 37–62

Oates, Joyce Carol, „Literature as Pleasure, Pleasure as Literature“, *Narrative*, https://www.narrativemagazine.com/issues/stories-week-2015-2016/story-week/literature-pleasure-pleasure-literature-joyce-carol-oates

Oatley, K., „Why fiction may be twice as true as fact“, *Review of General Psychology* 3 (1999): 101–117

Oizumi, Masafumi, Larissa Albantakis şi Giulio Tononi, „From the Phenomenology to the Mechanisms of Consciousness: Integrated Information Theory 3.0“, *PLoS Computational Biology* 10, nr. 5 (mai 2014)

Page, Don N., „Is our universe decaying at an astronomical rate?“, *Physics Letters B* 669 (2008): 197–200.

———, „The Lifetime of the Universe“, *Journal of the Korean Physical Society* 49 (2006): 711–714

———, „Particle emission rates from a black hole: Massless particles from an uncharged,

nonrotating hole“, *Physical Review D* 13, nr. 2 (1976): 198–206.

Page, Tim, ed. *The Glenn Gould Reader*, New York: Vintage, 1984

Parker, Eric, Henderson J. Cleaves, Jason P. Dworkin *et al.*, „Primordial synthesis of amines and amino acids in a 1958 Miller H2S-rich spark discharge experiment“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, nr. 14 (aprilie 2011): 5526–5531

Perlmutter, Saul *et al.*, „Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae“, *Astrophysical Journal* 517, nr. 2 (1999): 565

Perunov, Nikolay, Robert A. Marsland şi Jeremy L. England, „Statistical Physics of Adaptation“, *Physical Review X* (June 2016): 021036-1

Pichardo, Bárbara, Edmundo Moreno, Christine Allen *et al.*, „The Sun was not born in M67“, *The Astronomical Journal* 143, nr. 3 (2012): 73–84

Pinker, Steven, *How the Mind Works*, New York: W.W. Norton, 1997

———, „Language as an adaptation to the cognitive niche“, în *Language Evolution: States of the Art*, ed. S. Kirby şi M. Christiansen. New York: Oxford University Press, 2003

———, *The Language Instinct*, New York: W. Morrow and Co., 1994

Pinker, S. şi P. Bloom, „Natural language and natural selection“, *Behavioral and Brain Sciences* 13, nr. 4 (1990): 707–784

Plath, Sylvia, *The Collected Poems*, ed. Ted Hughes, New York: Harper Perennial, 1992

Prebble, John şi Bruce Weber, *Wandering in the Gardens of the Mind: Peter Mitchell and the Making of Glynn*, Oxford: Oxford University Press, 2003

Premack, David şi Guy Woodruff, „Does the chimpanzee have a theory of mind?“, *Cognition and Consciousness in Nonhuman Species*, special issue of *Behavioral and Brain Sciences* 1, nr. 4 (1978): 515–526

Proust, Marcel, *Remembrance of Things Past*, vol. 3: *The Captive, The Fugitive, Time Regained*, New York: Vintage, 1982

Prum, Richard, *The Evolution of Beauty: How Darwin's Forgotten Theory on Mate Choice Shapes the Animal World and Us*, New York: Doubleday, 2017

Pyszczynski, Tom, Sheldon Solomon şi Jeff Greenberg, „Thirty Years of Terror Management Theory“, *Advances in Experimental Social Psychology* 52 (2015): 1–70

Rank, Otto, *Art and Artist: Creative Urge and Personality Development*, trad. Charles Francis Atkinson, New York: Alfred A. Knopf, 1932

———, *Psychology and the Soul*, trad. William D. Turner, Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1950

Rees, M.J., „The collapse of the universe: An eschatological study“, *Observatory* 89 (1969): 193–198

Reinach, Salomon, *Cults, Myths and Religions*. Trad. Elizabeth Frost, London: David Nutt, 1912

Revonsuo, Antti, Jarno Tuominen şi Katja Valli, „The Avatars in the Machine: Dreaming as a Simulation of Social Reality“, *Open MIND* (2015): 1–28

Rodd, F. Helen, Kimberly A. Hughes, Gregory F. Grether şi Colette T. Baril, „A possible non-sexual origin of mate preference: Are male guppies mimicking fruit?“, *Proceedings of the Royal Society B* 269 (2002): 475–481

Roney, James R., „Likeable but Unlikely, a Review of the Mating Mind by Geoffrey Miller“, *Psycoloquy* 13, nr. 10 (2002): article 5

Rosenblatt, Abram, Jeff Greenberg, Sheldon Solomon *et al.*, „Evidence for Terror Management Theory I: The Effects of Mortality Salience on Reactions to Those Who Violate or Uphold Cultural Values“, *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (1989): 681–690

Rowland, Peter, *Bowerbirds*, Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 2008

Russell, Bertrand, *Why I Am Not a Christian*, New York: Simon and Schuster, 1957 [*De ce nu sunt creştin*, trad. Mihaela Iacob, Ed. Minerva, Bucureşti, 1980]

———, *Human Knowledge*, New York: Routledge, 2009

Ryan, Michael, *A Taste for the Beautiful*, Princeton: Princeton University Press, 2018

Sackmann I.-J., A.I. Boothroyd şi K.E. Kraemer, „Our Sun. III. Present and Future“, *Astrophysical Journal* 418 (1993): 457

Sartre, Jean-Paul, *The Wall and Other Stories*, trad. Lloyd Alexander, New York: New Directions Publishing, 1975 [*Zidul*, trad. Sanda Oprescu, Ed. RAO, Bucureşti, 2014]

Scarpelli, Serena, Chiara Bartolacci, Aurora D'Atri *et al.*, „The Functional Role of Dreaming in Emotional Processes“, *Frontiers in Psychology* 10 (martie 2019): 459

Scheffler, Samuel, *Death and the Afterlife*, New York: Oxford University Press, 2016

Schmidt, B.P. *et al.*, „The High-Z Supernova Search: Measuring Cosmic Deceleration and Global Curvature of the Universe Using Type IA Supernovae“, *Astrophysical Journal* 507 (1998):

Schrödinger, Erwin, *What Is Life?*, Cambridge: Cambridge University Press, 2012 [*Ce este viața?* şi *Spirit şi materie*, trad. de V. Efimov, Ed. Politică, Bucureşti, 1980]
Schroder, Klaus-Peter şi Robert C. Smith, „Distant future of the Sun and Earth revisited“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386, nr. 1 (2008): 155–163
Schvaneveldt, R.W., D.E. Meyer şi C.A. Becker, „Lexical ambiguity, semantic context, and visual word recognition“, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2, nr. 2 (1976): 243–256
Schwartz, Joel S., „Darwin, Wallace, and the *Descent of Man*“, *Journal of the History of Biology* 17, nr. 2 (1984): 271–289
Shakespeare, William, *Measure for Measure*, ed. J.M. Nosworthy. London: Penguin Books, 1995
Shaw, George Bernard, *Back to Methuselah*, Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012
Sheff, David, „Keith Haring, An Intimate Conversation“, *Rolling Stone* 589 (August 1989): 47
Shermer, Michael, *The Believing Brain: From Ghosts and Gods to Politics and Conspiracies*, New York: St. Martin’s Griffin, 2011
Silver, David, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser *et al.*, „A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play“, *Science* 362 (2018): 1140–1144
Smuts, Aaron, „Immortality and Significance“, *Philosophy and Literature* 35, nr. 1 (2011): 134–149

Solomon, Sheldon, Jeff Greenberg şi Tom Pyszczynski, „Tales from the Crypt: On the Role of Death in Life“, *Zygon* 33, nr. 1 (1998): 9–43

———, *The Worm at the Core: On the Role of Death in Life*, New York: Random House Publishing Group, 2015

Sosis, R., „Religion and intra-group cooperation: Preliminary results of a comparative analysis of utopian communities“, *Cross-Cultural Research* 34 (2000): 70–87

Sosis, R. şi C. Alcorta, „Signaling, solidarity, and the sacred: The evolution of religious behavior“, *Evolutionary Anthropology* 12 (2003): 264–274

Spengler, Oswald, *Decline of the West*, New York: Alfred A. Knopf, 1986

Sperber, Dan, *Explaining Culture: A Naturalistic Approach*, Oxford: Blackwell Publishers Ltd., 1996

———, *Rethinking Symbolism*, Cambridge: Cambridge University Press, 1975

Stapledon, Olaf, *Star Maker*, Mineola, NY: Dover Publications, 2008

Steinhardt, Paul J. şi Neil Turok, „The cyclic model simplified“, *New Astronomy Reviews* 49 (2005): 43–57

Sterelny, Kim, *The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique*, Cambridge, MA: MIT Press, 2012

Stroud, Barry, „The Charm of Naturalism“, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association* 70, nr. 2 (noiembrie 1996)

Stulp, G., L. Barrett, F.C. Tropf şi M. Mills, „Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth?“, *Proceedings of the Royal Society B* 282: 20150211

Susskind, Leonard, *The Black Hole War: My Battle with Stephen Hawking to Make the World Safe for Quantum Mechanics*, New York: Little, Brown and Co., 2008

Swift, Jonathan, *Gulliver's Travels*, New York: W.W. Norton, 1997

Szent-Györgyi, Albert, „Biology and Pathology of Water", *Perspectives in Biology and Medicine* 14, nr. 2 (1971): 239–249

't Hooft, G., „Computation of the quantum effects due to a four-dimensional pseudoparticle", *Physical Review D* 14 (1976): 3432

Thoreau, Henry David, *The Journal 1837–1861*, New York: New York Review Books Classics, 2009

Time 41, nr. 14 (5 aprilie, 1943): 42

Tolman, Richard C., „On the problem of the entropy of the universe as a whole", *Physical Review* 37 (1931): 1639–1660

———, „On the theoretical requirements for a periodic behavior of the universe", *Physical Review* 38 (1931): 1758–1771

Tomasello, Michael, „Universal Grammar Is Dead", *Behavioral and Brain Sciences* 32, nr. 5 (octombrie 2009): 470–471

Tononi, Giulio, *Phi: A Voyage from the Brain to the Soul*, New York: Pantheon, 2012

Tooby, John şi Leda Cosmides, „Does Beauty Build Adapted Minds? Toward an Evolutionary Theory of Aesthetics, Fiction and the Arts", *SubStance* 30, nr. 1/2, issue 94/95 (2001): 6–27

———, „The Psychological Foundations of Culture", în *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, ed. Jerome H. Barkow, Leda Cosmides şi John Tooby, Oxford: Oxford University Press, 1992,

19–136
Tremlin, Todd, *Minds and Gods: The Cognitive Foundations of Religion*, Oxford: Oxford University Press, 2006
Trinkaus, Erik, Alexandra Buzhilova, Maria Mednikova şi Maria Dobrovolskaya, *The People of Sunghir: Burials, Bodies and Behavior in the Earlier Upper Paleolithic*, New York: Oxford University Press, 2014
Trivers, Robert, „Parental Investment and Sexual Selection“, în *Sexual Selection and the Descent of Man: The Darwinian Pivot*, ed. Bernard G. Campbell, Chicago: Aldine Publishing Company, 1972
Tylor, Edward Burnett, *Primitive Culture*, vol. 2. London: John Murray, 1873; Dover Reprint Edition, 2016, 24
Ucko, Peter J. şi Andrée Rosenfeld, *Paleolithic Cave Art*. New York: McGraw-Hill, 1967, 117–123, 165–174
Valley, John W., William H. Peck, Elizabeth M. King şi Simon A. Wilde, „A Cool Early Earth“, *Geology* 30 (2002): 351–354
Vilenkin, A., „Predictions from Quantum Cosmology“, *Physical Review Letters* 74 (1995): 846
Vilenkin, Alex, *Many Worlds in One*, New York: Hill and Wang, 2006
Wagoner, R.V., „Test for the existence of gravitational radiation“, *Astrophysical Journal* 196 (1975): L63
Wallace, Alfred Russel, *Natural Selection and Tropical Nature*, London: Macmillan and Co., 1891
———, „Sir Charles Lyell on geological climates and the origin of species“, *Quarterly Review* 126

(1869): 359–394
Watson, J.D. şi F.H.C. Crick, „Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid“, *Nature* 171 (1953): 737–738
Webb, Taylor şi M. Graziano, „The attention schema theory: A mechanistic account of subjective awareness“, *Frontiers in Psychology* 6 (2015): 500
Wertheimer, Max, *Productive Thinking*, New York: Harper and Brothers, 1959
Wheeler, John Archibald şi Wojciech Zurek, *Quantum Theory and Measurement*, Princeton: Princeton University Press, 1983
Whitehead, Alfred North, *Science and the Modern World*, New York: The Free Press, 1953
Wigner, Eugene, *Symmetries and Reflections*, Cambridge, MA: MIT Press, 1970
Wilkins, Maurice, *The Third Man of the Double Helix*, Oxford: Oxford University Press, 2003
Williams, Bernard, *Problems of the Self*, Cambridge: Cambridge University Press, 1973
Williams, Tennessee, *Cat on a Hot Tin Roof*, New York: New American Library, 1955
Wilson, David Sloan, *Darwin's Cathedral: Evolution, Religion and the Nature of Society*, Chicago: University of Chicago Press, 2002
———, *Does Altruism Exist? Culture, Genes and the Welfare of Others*, New Haven: Yale University Press, 2015
Wilson, E.O.. *Sociobiology: The New Synthesis*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975
Wilson, K.G., „Critical phenomena in 3.99 dimensions“, *Physica* 73 (1974): 119.
Wittgenstein, Ludwig, *Tractatus Logico-Philosophicus*, New York: Harcourt, Brace & Company, 1922

Witzel, Michael, *The Origins of the World's Mythologies*, New York: Oxford University Press, 2012

Woosley, S.E., A. Heger şi T.A. Weaver, „The evolution and explosion of massive stars“, *Reviews of Modern Physics* 74 (2002): 1015–1071

Wrangha, Richard, *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*, New York: Basic Books, 2009

Yeats, W.B., *Collected Poems*, New York: Macmillan Collector's Library Books, 2016

Yourcenar, Marguerite, *Oriental Tales*, New York: Farrar, Straus and Giroux, 1985

Zahavi, Amotz, „Mate selection—a selection for a handicap“, *Journal of Theoretical Biology* 53, nr. 1 (1975): 205–214

Zuckerman, M., „Sensation seeking: A comparative approach to a human trait“, *Behavioral and Brain Sciences* 7 (1984): 413–471

Zunshine, Lisa, *Why We Read Fiction: Theory of Mind and the Novel*, Columbus: Ohio State University Press, 2006